

Universidad de **Cádiz**

Proyectos de fin de carrera de **Ingeniería Química**

Facultad: CIENCIAS

Titulación: INGENIERÍA QUÍMICA

Titulo: DISEÑO DE UNA PLANTA DE PRODUCCIÓN
DE ÁCIDO L-GLUTÁMICO A PARTIR DE MELAZAS
DE REMOLACHA AZUCARERA

Autor: Pablo SAN JOSÉ GARCÍA

Fecha: Noviembre 2014





RESUMEN

INTRODUCCIÓN

El ácido L-glutámico es uno de los aminoácidos con mayor demanda a nivel mundial, su producción supera los 1,5 millones de toneladas al año.

Es un precursor de Glutamato Monosódico el cual es bastante utilizado en la industria alimentaria como aditivo saborizante.

En el Presente proyecto de fin de carrera se realiza un diseño preliminar de una Planta de producción de ácido glutámico por la vía fermentativa, utilizando como microorganismo a la bacteria *Corynebacterium Glutamicum*.

El proceso lo dividimos en tres partes, la preparación del producto, mejor conocido en este sector industrial como **“UPSTREAM-PROCESSING”**, el proceso fermentativo en sí en el bioreactor o fermentador y finalmente la separación del caldo fermentativo y purificación del producto final más conocida como **“DOWN-STREAM PROCESSING”**.

LA MATERIA PRIMA

La principal fuente de carbono para el medio de cultivo procede de las melazas de la remolacha azucarera, en el presente proyecto de fin de carrera esta sustancia procederá de un subproducto de las industrias de producción de azúcar, donde tras un conjunto de etapas que a continuación describiremos, será transportada y utilizada como materia prima en el proceso de interés.

UPSTREAM PROCESSING

Todas las operaciones desde que las materias primas se reciben y almacenan hasta que se obtiene el medio de cultivo forman parte de este bloque.

La dilución de las melazas con el agua, la filtración y esterilización de la mezcla junto con los nutrientes y el acondicionamiento del aire son las principales operaciones que lo conforman.

PROCESO FERMENTATIVO (BIOREACTOR)

Tras las operaciones de acondicionamiento y esterilización del medio de cultivo, este se introduce dentro del Bioreactor (Fermentador), que previamente será inoculado con un volumen igual al 10 % del volumen total del reactor y que anteriormente habrá sido pre inoculado por reactores de menor capacidad (pre fermentadores).

Dentro del reactor, el inóculo necesitará estar en un medio rico en nutrientes, bien aireado y adecuadamente agitado para desarrollarse plenamente. Estos parámetros (aireación y agitación) son vitales en el desarrollo del microorganismo.

Durante el ciclo fermentativo, de unas 24 horas de duración, el microorganismo se desarrollará hasta alcanzar la fase terminal, donde conseguiremos producir la máxima cantidad de producto.

A lo largo del proceso, es necesario llevar a cabo un control exhaustivo de una serie de parámetros: la temperatura, la agitación, la aireación y el pH (entre otros).

Gracias al control de estos parámetros incrementaremos la productividad del sistema.

DOWNSTREAM PROCESSING

En este bloque, se engloban todas las operaciones de separación y purificación del compuesto de interés y las operaciones de eliminación de residuos procedentes de la fermentación.

Primeramente se eliminan las células muertas procedentes de la fermentación, a este conjunto también se le conoce como biomasa o “micelio”, mediante un proceso de filtración.

Seguidamente, se eliminan las impurezas gracias a columnas de intercambio iónico.

Finalmente, la cristalización del caldo junto con un proceso de centrifugación y secado conforman la etapa de purificación del producto.

CONCLUSIÓN

En los últimos años se ha incrementado el interés del ácido L-Glutámico en la industria alimentaria. Especialmente en Estados Unidos y China, donde el creciente interés por su sal de Sodio, el Glutamato de Sodio o GMS (Monosodium Glutamate, MGS) reporta grandes beneficios a este sector.

El alto valor añadido del producto que es (teniendo en cuenta los precios más bajos) de 34 €/Kg, junto con el bajo coste de la materia prima hace de este proyecto una acertada propuesta desde el punto de vista de la viabilidad económica.

Durante la construcción, puesta en marcha y el funcionamiento de la planta se habrá de respetar la legislación vigente tanto a expensas de la seguridad como el respeto hacia el medio ambiente.

ÍNDICE GENERAL

MEMORIA	12
1 INTRODUCCIÓN	3
2 OBJETO DEL PROYECTO	4
3 ALCANCE DEL PROYECTO	5
4 ANTECEDENTES DEL PROYECTO	6
5 DESCRIPCIÓN DEL PROCESO	10
5.1 UP-STREAM PROCESSING	10
5.2 PROCESO FERMENTATIVO (BIOREACTOR)	10
5.3 DOWN-STREAM PROCESSING	11
6 LOCALIZACIÓN	12
7 MATERIAS PRIMAS	13
7.1 MELAZAS DE LA REMOLACHA AZUCARERA	13
7.1.1 PROCEDENCIA DE LAS MELAZAS:	13
7.1.2 COMPOSICIÓN DE MELAZAS	24
7.2 EL AGUA	24
7.3 EL AIRE	25
7.4 EL VAPOR	25
7.5 LOS NUTRIENTES	26
8 PROCESO FERMENTATIVO	27
8.1 MICROORGANISMO	27

8.2	REACCIÓN Y CINÉTICA	30
8.2.1	ESTEQUIOMETRIA DE LA REACCIÓN BIOLÓGICA	30
8.2.2	CINÉTICA DE LA REACCIÓN	33
8.3	PLANIFICACIÓN DEL PROCESO	38
8.4	INOCULACIÓN	39
8.4.1	ESCALA DE LABORATORIO	39
8.4.2	PRE FERMENTADORES	41
8.5	FERMENTADORES PRINCIPALES	47
8.5.1	DISEÑO MECÁNICO	49
8.5.2	AIREACIÓN Y AGITACIÓN:	52
8.5.3	TEMPERATURA DE OPERACIÓN	53
8.5.4	ESTERILIZACIÓN	60
9	UP-STREAM PROCESSING	62
9.1	FILTRACIÓN	62
9.1.1	FILTRACIÓN DE LAS MELAZAS	62
9.1.2	FILTRACIÓN DE AIRE DE ENTRADA	64
9.2	ESTERILIZACIÓN	65
9.3	ATEMPERAMIENTO DE LA ALIMENTACIÓN:	66
10	DOWN-STREAM PROCESSING	68
10.1	FILTRACIÓN	69
10.1.1	FILTRACIÓN DE LA BIOMASA	69
10.1.2	FILTRACIÓN DE GASES DE SALIDA	71

10.2	COLUMNA DE INTERCAMBIO IÓNICO	71
10.3	CRISTALIZACIÓN	74
10.4	CENTRIFUGACIÓN	79
10.5	SECADO	83
11	EQUIPOS AUXILIARES	84
11.1	BOMBAS	84
11.2	COMPRESORES	84
11.3	VÁLVULAS	84
12	CONTROL E INSTRUMENTACIÓN	87
12.1	LA TEMPERATURA	87
12.2	LA PRESIÓN	88
12.3	EL pH	89
12.4	EL NIVEL	91
12.5	EL OXÍGENO DISUELTO	92
13	RESIDUOS	94
13.1	IMPUREZAS PROCEDENTES DE LA FILTRACIÓN DE LA BIOMASA	94
13.2	CORRIENTE LIQUIDA PROCEDENTE DEL MEDIO	94
ANEXOS		110
1.	CINÉTICA	2
2.	BALANCES DE MATERIA	5
3.	DISEÑO DE EQUIPOS	10

3.1. REACTORES	10
3.1.1. DISEÑO MECÁNICO	10
3.1.2. AIREACIÓN Y AGITACIÓN	18
3.1.3. CONTROL DE LA TEMPERATURA	30
3.1.3.1. CALCULO DE LA U	30
3.1.3.2. DISEÑO SERPENTÍN	36
3.1.4. ESTERILIZACIÓN	41
3.1.5. ESCALAMIENTO	43
3.2. INTERCAMBIADOR DE CALOR	49
3.3. FILTROS	53
3.4. BOMBAS	55
3.5. TABLAS y OTROS DOCUMENTOS	59
3.5.1. TABLA DE MATERIALES CODIGO ASME SC-II-D-2007	59
3.5.2. TABLA VALORES DE “M” CODIGO ASME SC-VIII-MA-APP 1	60
3.5.3. TABLA VALORES CONSTANTE DE HENRRY PARA O2 PURO:	61
3.5.4. TABLA DE PROPIEDADES TERMOFIÍSICAS DEL AGUA SATURADA:	62
3.5.5. TABLA DE PROPIEDADES TERMOFIÍSICAS DEL GASES A PRESIÓ ATM:	63
3.5.6. TABLA DE CALORES D COMBUSTIÓN:	63
3.5.7. TABLA DE RUGOSIDADES RELATIVAS:	64
3.5.8. GRÁFICA DE MOODY:	65

PLANOS	176
PLIEGO DE CONDICIONES	181
1. DEFINICIÓN Y ALCANCE DEL PLIEGO	5
1.1. INTERPRETACIÓN DEL SIGUIENTE PLIEGO	5
1.2. OBJETO DEL PLIEGO	5
1.3. DOCUMENTOS QUE DEFINEN LA OBRA	5
1.4. ALCANCE DE LA DOCUMENTACIÓN	6
1.5. COMPATIBILIDAD Y RELACIÓN ENTRE DICHOS DOCUMENTOS	6
1.6. DISPOSICIONES A TENER EN CUENTA	7
2. CONDICIONES GENERALES	10
2.1. CONDICIONES GENERALES FACULTATIVAS	10
2.2. CONDICIONES GENERALES ECONÓMICAS	30
2.3. CONDICIONES GENERALES LEGALES	53
3. PLIEGO DE CONDICIONES TÉCNICAS PARTICULARES	63
3.1. COMIENZO DE LAS OBRAS.	64
3.2. MOVIMIENTO DE TIERRAS.	67
3.3. CIMENTACIONES	75
3.3.5. ARMADURAS	89
3.4. ESTRUCTURAS DE ACERO	91
3.5. ALBAÑILERÍA	94
3.6. PINTURA	103
3.7. INSTALACIONES ELÉCTRICAS EN BAJA TENSIÓN Y DE ALUMBRADO.	108
3.8. CENTRO DE TRANSFORMACIÓN	130

3.9. BOMBAS	145
3.10. TUBERÍAS	146
3.11. AISLAMIENTO TÉRMICO	149
3.12. AISLAMIENTO ACÚSTICO	149
3.13. SEGURIDAD Y SALUD EN LA OBRA	150
PRESUPUESTO	355
BIBLIOGRAFÍA	372

MEMORIA

Diseño de una planta de producción de ácido
L-Glutámico a partir de melazas de
remolacha azucarera.

Pablo San José García

ÍNDICE

1	INTRODUCCIÓN	3
2	OBJETO DEL PROYECTO	4
3	ALCANCE DEL PROYECTO.....	5
4	ANTECEDENTES DEL PROYECTO	6
5	DESCRIPCIÓN DEL PROCESO	10
5.1	UP-STREAM PROCESSING	10
5.2	PROCESO FERMENTATIVO (BIOREACTOR)	10
5.3	DOWN-STREAM PROCESSING	11
6	LOCALIZACIÓN	12
7	MATERIAS PRIMAS	13
7.1	MELAZAS DE LA REMOLACHA AZUCARERA	13
7.1.1	PROCEDENCIA DE LAS MELAZAS:.....	13
7.1.2	COMPOSICIÓN DE MELAZAS	24
7.2	EL AGUA	24
7.3	EL AIRE	25
7.4	EL VAPOR.....	25
7.5	LOS NUTRIENTES.....	26
8	PROCESO FERMENTATIVO	27
8.1	MICROORGANISMO	27
8.2	REACCIÓN Y CINÉTICA	30
8.2.1	ESTEQUIOMETRIA DE LA REACCIÓN BIOLÓGICA.....	30
8.2.2	CINÉTICA DE LA REACCIÓN	33
8.3	PLANIFICACIÓN DEL PROCESO	38
8.4	INOCULACIÓN.....	39
8.4.1	ESCALA DE LABORATORIO	39
8.4.2	PRE FERMENTADORES.....	41
8.5	FERMENTADORES PRINCIPALES.....	47
8.5.1	DISEÑO MECÁNICO.....	49
8.5.2	AIREACIÓN Y AGITACIÓN:.....	52
8.5.3	TEMPERATURA DE OPERACIÓN.....	53
8.5.4	ESTERILIZACIÓN	60
9	UP-STREAM PROCESSING.....	62
9.1	FILTRACIÓN.....	62
9.1.1	FILTRACIÓN DE LAS MELAZAS	62

9.1.2	FILTRACIÓN DE AIRE DE ENTRADA	64
9.2	ESTERILIZACIÓN.....	65
9.3	ATEMPERAMIENTO DE LA ALIMENTACIÓN:	66
10	DOWN-STREAM PROCESSING.....	68
10.1	FILTRACIÓN.....	69
10.1.1	FILTRACIÓN DE LA BIOMASA	69
10.1.2	FILTRACIÓN DE GASES DE SALIDA.....	71
10.2	COLUMNA DE INTERCAMBIO IÓNICO.....	71
10.3	CRISTALIZACIÓN.....	74
10.4	CENTRIFUGACIÓN	79
10.5	SECADO.....	83
11	EQUIPOS AUXILIARES	84
11.1	BOMBAS.....	84
11.2	COMPRESORES.....	84
11.3	VÁLVULAS	84
12	CONTROL E INSTRUMENTACIÓN	89
12.1	LA TEMPERATURA	89
12.2	LA PRESIÓN	90
12.3	EL pH	91
12.4	EL NIVEL	93
12.5	EL OXÍGENO DISUELTO	94
13	RESIDUOS	96
13.1	IMPUREZAS PROCEDENTES DE LA FILTRACIÓN DE LA BIOMASA	96
13.2	CORRIENTE LIQUIDA PROCEDENTE DEL MEDIO	96
14	BILIOGRAFIA:.....	97

1 INTRODUCCIÓN

El ácido L-glutámico es uno de los aminoácidos con mayor demanda a nivel mundial, su producción supera los 1,5 millones de toneladas al año.

A pesar de que se encuentran naturalmente en muchos alimentos, las contribuciones hechas por el ácido glutámico no fueron científicamente identificadas hasta principios del siglo XX; Cuando fué descubierta por el químico alemán *Karl Heinrich Leopold Ritthausen* en el año 1866.

Posteriormente, en 1907 el investigador japonés *Kikunae Ikeda* de la Universidad Imperial de Tokio identificó unos cristales de color marrón que permanecían tras la evaporación de una gran cantidad de caldo de “kombu” (alga de origen japonés) como Ácido Glutámico. Estos cristales, al ser degustados, reproducían el sabor que se detectaba en muchos alimentos, sobre todo en las algas. Debido a esto, el Profesor Ikeda denominó este sabor como “*umami*”.

Gracias a estos descubrimientos, la producción del ácido glutámico se extendieron en la industria alimentaria, en especial utilizando la vía fermentativa que dio lugar a la forma L del ácido (L-Glutámico).

Posteriormente, años de investigación dieron su fruto dando lugar al descubrimiento de su sal de sodio, el glutamato monosódico (GMS), un aditivo que potencia el sabor de los alimentos y que hoy en día se encuentra ampliamente extendido en la industria alimentaria.

En España, se puede encontrar en productos de uso diario como el AVECREM®.

Por otro lado, en la industria biomédica, se encuentra bajo estudio por su capacidad para reducir o prevenir el daño neurológico causado por medicamentos contra el cáncer, actuando como soporte nutricional en la estricta dieta de los pacientes.

Aunque el compuesto pueda parecer “la panacea”, también tiene un pasado oscuro.

Tras la segunda Guerra Mundial la incorporación del GMS en la industria occidental era un hecho consumado, el aditivo se incluía en todo tipo de alimentos fabricados industrialmente.

Tras la recuperación económica muchos restaurantes de comida rápida, principalmente procedente de Estados Unidos o de comida oriental comenzaron a instalarse en Europa.

La mayoría de los alimentos que se sirven en esos locales suelen ir acompañados por salsas o concentrados que, como es imaginable contienen gran cantidad de Glutamato Monosódico (GMS).

Esto provocó que se empezaran a dar casos de individuos que sufrían aguda migrañas, vómitos, asma....Este fenómeno empezó a conocerse como “El Síndrome del Restaurante Chino” y dio lugar a una larga y fuerte polémica entre defensores y detractores del Glutamato Monosódico, debate que se ha prolongado hasta nuestros días.

Actualmente las Instituciones Internacionales de la Salud hacen controles mediante auditorias anuales a las empresas que trabajan con el GMS ya que el desenfrenado crecimiento del sector alimentario genera que anualmente se dupliquen las cantidades utilizadas, y no solo eso sino que es difícil encontrar alimentos que no lo contengan.

2 OBJETO DEL PROYECTO

El objeto del presente Proyecto de Final de Carrera es crear una Planta para la producción de ácido Glutámico por la vía fermentativa dado que en vistas a el reciente panorama industrial en el sector alimentario, el incremento en las necesidades del producto en países con gran industria como Estados Unidos o China donde el creciente interés por su sal de Sodio, el Glutamato de Sodio o GMS (Monosodium Glutamate, MGS) reporta grandes beneficios a este sector.

El alto valor añadido del producto, junto con el bajo coste de la materia prima hace de este proyecto una acertada propuesta desde el punto de vista de la viabilidad económica.

Durante la construcción, puesta en marcha y el funcionamiento de la planta se habrá de respetar la legislación vigente tanto a expensas de la seguridad como el respeto hacia el medio ambiente.

3 ALCANCE DEL PROYECTO

En el Presente proyecto de Fin de Carrera se hará un análisis más centrado en la unidad principal del proceso, la Reacción Biológica o Fermentación, donde se hará un diseño completo de los dos Bioreactores principales (de 30m³ cada uno) y un escalamiento con los pre fermentadores necesarios para alcanzar un volumen capaz de inocular los equipos principales.

También se diseñarán el intercambiador de calor externo de los reactores principales.

La preparación de las materias primas que intervienen en la fermentación y los nutrientes necesarios serán descritos y calculados mediante los balances de materia oportunos y las operaciones unitarias que adecuen el estado de estas a las necesidades del medio, es decir, se calcularán parámetros característicos de las unidades de separación (los filtros y las Columnas de intercambio iónico) y las de esterilización de las corrientes.

A esta parte del proceso la designaremos, como se suele hacer en la industria bio-alimentaria como “Up-stream processing”.

Tras la fermentación, las operaciones encargadas de la extracción del producto del interior de las células se las denominará como “Down-stream processing”, de esta parte de la Planta también se hará un diseño de los parámetros característicos de los equipos principales de cada proceso.

Finalmente, tras el “Down-Stream processing” se describirán un conjunto de operaciones, incluyendo al igual sus parámetros característicos, que definirán la etapa de “Purificación del producto”.

4 ANTECEDENTES DEL PROYECTO

Actualmente existen varias formas de obtener el ácido glutámico en la industria:

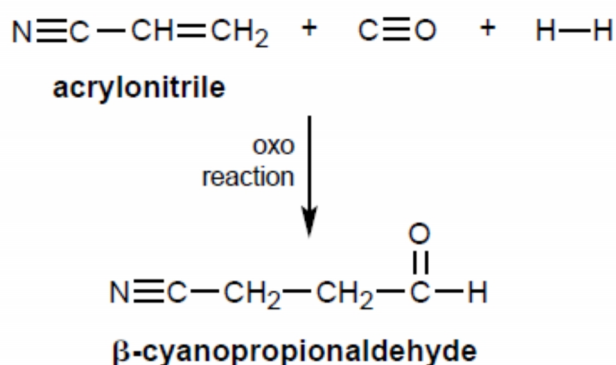
Extracción de Recursos Naturales

Primero está la forma más obvia que sería extraerlo de recursos naturales, donde el procedimiento habitual suele ser realizar una hidrólisis con un ácido acuoso (HCl), donde después usando una resina de intercambio iónico muy ácida se extrae el ácido y tras la cual se lava con agua y una disolución de amoníaco (NH₃) como eluyente, consiguiendo así liberar los aminoácidos.

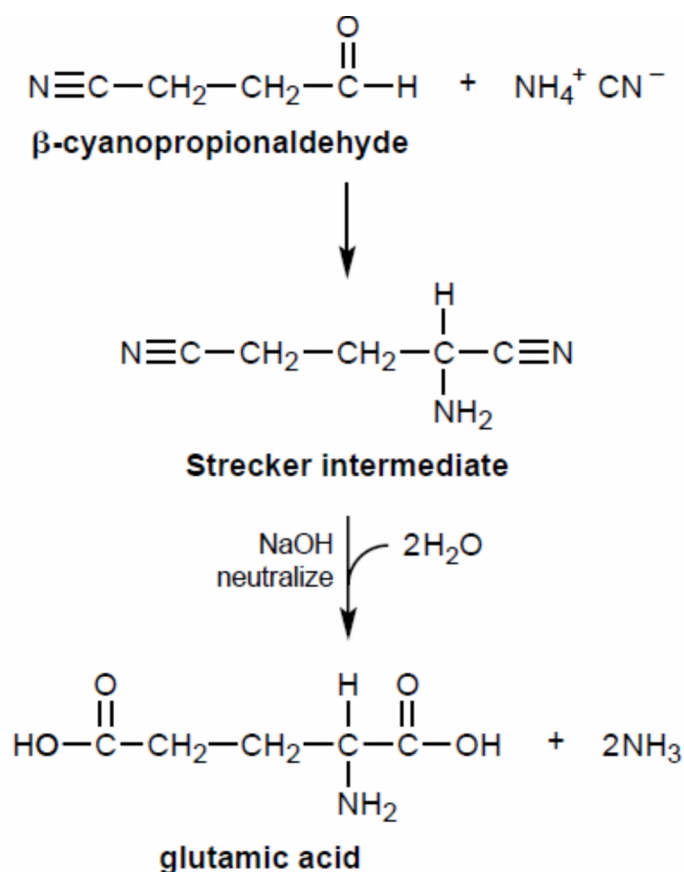
La materia prima más usual suele ser el gluten de trigo, que contiene un 25% en peso de ácido glutámico.

Síntesis Química

Antes de la Segunda Guerra Mundial no existía forma de competir con los métodos de extracción. Sin embargo, tras la guerra, el descubrimiento de las oxo reacciones y su aplicación en el acrilonitrilo, que se podía obtener fácilmente de la mezcla de acetileno y HCN o de la oxidación del propileno en presencia de amoníaco, hizo posible la síntesis del β -cianopropionaldehído, un compuesto clave que actuaba como intermedio en la síntesis del ácido glutámico.



A partir de ese momento era posible obtener el ácido glutámico a partir del β -cianopropionaldehído mediante un proceso conocido como el proceso de “Strecker” donde el aldehído se convertía en su análogo la cianohidrina, que tras ser hidrolizado daba lugar al ácido glutámico:



La principal ventaja de la síntesis química es que se puede realizar a una escala mucho mayor que el resto métodos y que se suele trabajar en continuo, de esta manera la productividad es mucho más alta. Además las materias primas son baratas haciendo rentable el proceso.

Sin embargo la parte negativa es que el producto da una mezcla racemica de enantiomeros y siendo solo la forma (S), la útil, suele ser mucho más arriesgado optar por este método ya que suele tener un rendimiento del 47%.

Generalmente las empresas que optan por esta variante utilizan la racemización de la forma (R)-ácido glutámico, proceso que consiste en en disolver la mezcla separada en una disolución caliente de ácido sulfúrico tras la cual se neutraliza , pudiendo así recuperar cierta parte del ácido perdido.

Síntesis Biológica (vía fermentativa)

La obtención de amino ácido por la vía fermentativa y a gran escala no es tan usual como pueda a priori parecer ya que es muy complicado simular las condiciones de crecimiento de muchos microorganismos cuando se trabaja a esa escala y con tales fines.

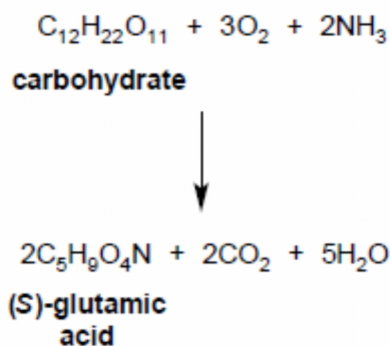
La fuente de carbono más usual en estos procesos son las melazas de caña de azúcar o remolacha, azúcar “en bruto” o almidón hidrolizado en algunos casos.

La fuente de nitrógeno suele ser amoníaco (en procesos donde una alta cantidad de amoníaco es necesaria para el sustento del microorganismo), en otros casos una corriente de aire esterilizada suele cubrir las necesidades del microorganismo.

La fuente de oxígeno, suele ser aire que se hace pasar por un compresor y, tras pasar por un filtro, se introduce en el medio.

El microorganismo, generalmente los más usados suelen ser mutantes de la *Escherichia coli* sin embargo suele usarse mucho también el *Corynebacterium Glutamicum*.

El proceso se lleva a cabo siguiendo la estequiometria de la reacción biológica ajustada (expresada en ausencia de biomasa):



Existe un factor determinante en la producción del ácido (S) L-Glutámico, suministrar al medio de una vitamina esencial para el crecimiento celular, la biotina.

Cuando el contenido en biotina en el medio se encuentra en una concentración óptima también, esto hace situar el ritmo de proliferación en un estado óptimo e impermeabilizar la membrana

celular al glutamato consiguiendo así mayores cantidades de glutamato.

Las condiciones de fermentación son aerobias, a un pH neutro de 7.0 o en algún caso ligeramente ácido pudiendo llegar a pH = 8.0.

Para el caso de la *Escherichia Coli* la fermentación tiene una duración de 35-45 h. En el caso de otros microorganismos como en el caso del *Corynebacterium Glutamicum* baja el tiempo de fermentación hasta unas 24 -30 h también bajando a su vez la obtención de producto.

Las ventajas de este método son la única obtención del enantiomero (S) del producto.

Sin embargo también tiene una gran desventaja, al únicamente poder realizarse en discontinuo (batch) y como mucho puede conseguirse un rendimiento del 60%.

5 DESCRIPCIÓN DEL PROCESO

Como se ha descrito previamente en el apartado “Alcance del proyecto” el presente proyecto de fin de carrera se subdividirá en 4 bloques que a continuación serán detallados en más profundidad, destacando las operaciones unitarias que se diseñarán en cada uno de ellos:

5.1 UP-STREAM PROCESSING

Todas las operaciones desde que las materias primas se reciben y almacenan hasta que se obtiene el medio de cultivo forman parte de este bloque.

La dilución de las melazas con el agua, la filtración, eliminación de impurezas y esterilización de la mezcla junto con los nutrientes, junto con el acondicionamiento del aire son las principales operaciones que lo conforman.

5.2 PROCESO FERMENTATIVO (BIOREACTOR)

Tras las operaciones de acondicionamiento y esterilización del medio de cultivo, este se introduce dentro del Bioreactor (Fermentador), que previamente será inoculado con un volumen igual al 10 % del volumen total del reactor y que anteriormente habrá sido pre inoculado en reactores de menor capacidad (pre fermentadores).

Dentro del reactor, el inóculo necesitará estar en un medio rico en nutrientes, bien aireado y adecuadamente agitado para desarrollarse plenamente. Estos parámetros (aireación y agitación) son vitales en el desarrollo del microorganismo.

Durante el ciclo fermentativo, de unas 36 horas de duración, el microorganismo se desarrollará hasta alcanzar la fase terminal, donde conseguiremos producir la máxima cantidad de producto.

A lo largo del proceso, es necesario llevar a cabo un control exhaustivo de una serie de parámetros: la temperatura, la agitación, la aireación y el pH (entre otros). Gracias a estas medidas incrementaremos la productividad del sistema, y aumentaremos la cantidad de producto obtenido.

5.3 DOWN-STREAM PROCESSING

En este bloque, se engloban todas las operaciones de separación y purificación del compuesto de interés y las operaciones de eliminación de residuos procedentes de la fermentación.

Primeramente se eliminan las células procedentes de la fermentación, a este conjunto también se le conoce como “micelio”, mediante un proceso de filtración.

Seguidamente, se eliminan los residuos líquidos que contenga la corriente con unas columnas de intercambio iónico.

Seguidamente, La cristalización de la del producto hará más sencilla la consiguiente separación del producto de interés mediante una centrifugación del líquido madre , finalmente se llevara a cabo una operación de secado donde se conseguirá el estado final como “polvo cristalino” que sería como se comercializaría el producto en el mercado.

6 LOCALIZACIÓN

La planta se situará en el Polígono Industrial "Nuevo Puerto" en Palos de la Frontera (Huelva), ya que es una situación estratégica para sustentar a la planta de la corriente de vapor que necesita gracias a la reciente apertura de la planta de cogeneración de CEPSA QUÍMICA® en el mismo Polígono.

La extensión de la nave será de al menos 500 m² para poder situar los equipos con una distancia de seguridad adecuada.



7 MATERIAS PRIMAS

7.1 MELAZAS DE LA REMOLACHA AZUCARERA

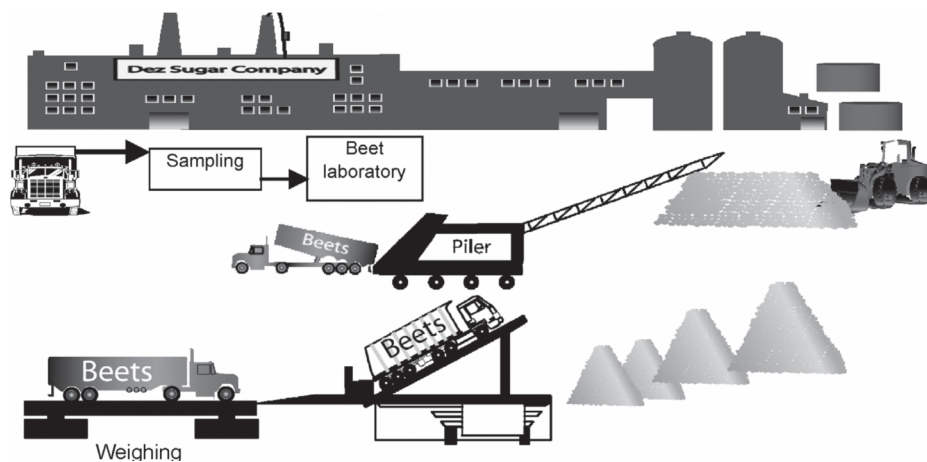
7.1.1 PROCEDENCIA DE LAS MELAZAS:

La principal fuente de carbono para el medio de cultivo procede de las melazas de la remolacha azucarera, en el presente proyecto de fin de carrera esta sustancia procederá de un subproducto de las industrias de producción de azúcar, donde tras un conjunto de etapas que a continuación describiremos, será transportada y utilizada como materia prima en el proceso de interés:

7.1.1.1 RECEPCIÓN DE LA REMOLACHA

En esta etapa la empresa recibe la remolacha, realiza el control de calidad en la recepción y si no se encuentra ningún problema, se pesa y se almacena en forma de pilas.

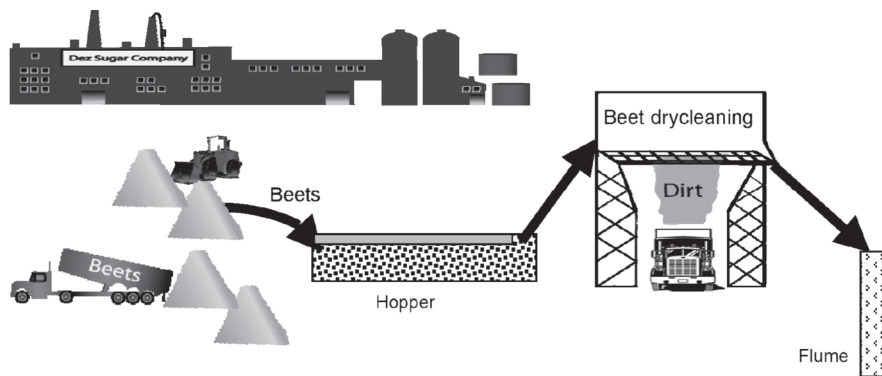
Las propiedades de la remolacha varían en función de gran cantidad de factores, pero el más predominante en esta etapa es la temperatura. Las temperaturas extremas generan pérdida de contenido en azúcares de la materia prima y por tanto en el producto.



7.1.1.2 LAVADO EN SECO

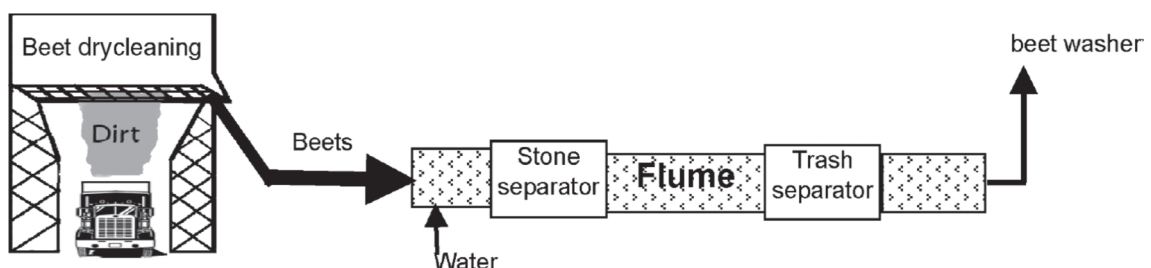
Antes de ser procesada, se eliminan los restos de piedras, arena, tierra y basura mezcladas con la remolacha. Estas “impurezas” se eliminan mediante varios procedimientos:

1. Los camiones o cargadores frontales transportan las remolachas a la tolva (Hopper).
2. En la tolva, se elevan gracias a cintas transportadoras hacia unas pantallas de vibración donde gracias a este fenómeno se separan los restos más gruesos presentes.
3. Finalmente, otra cinta transportadora envía las remolachas “lavadas” a la siguiente etapa.



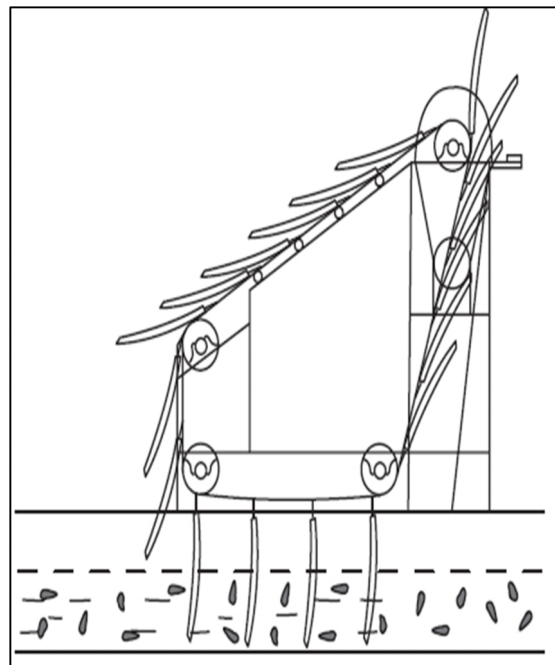
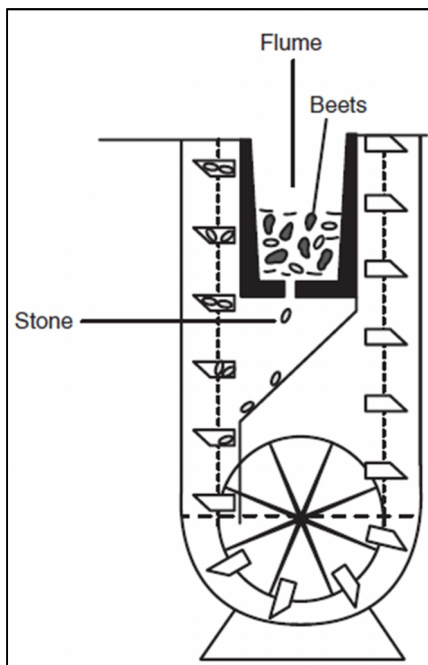
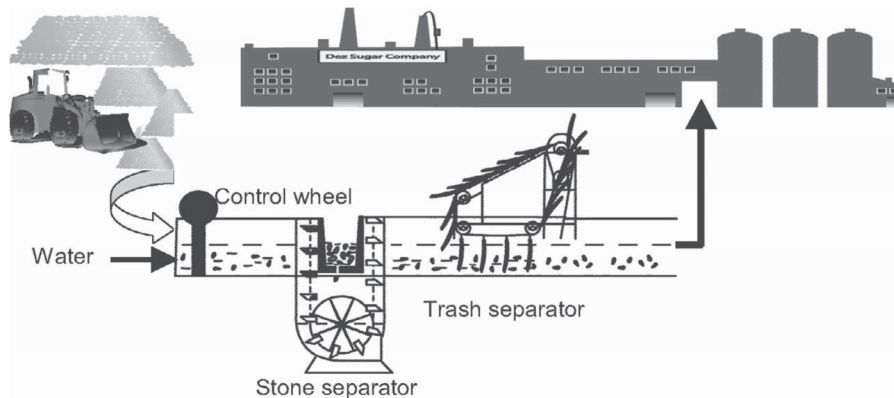
7.1.1.3 TRANSPORTE Y “FLUMING”

Durante esta etapa, la remolacha es introducida en unos canales donde es lavada y arrastrada gracias al agua hacia la siguiente etapa.



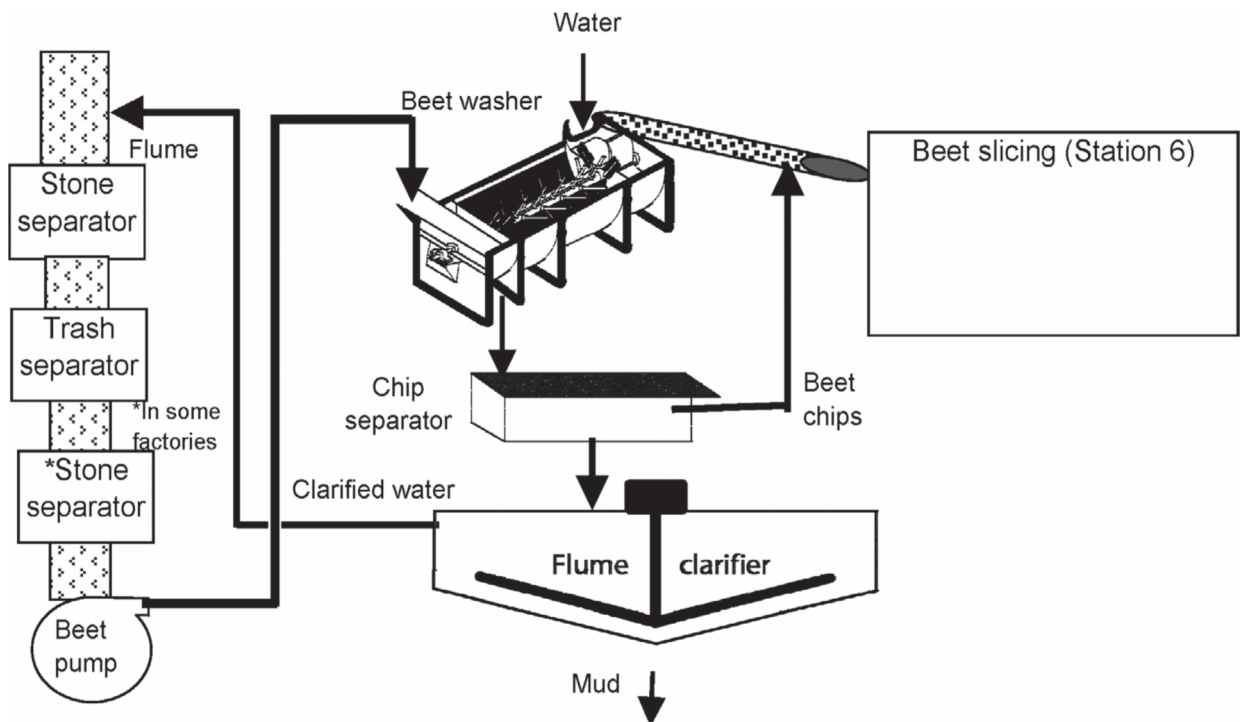
7.1.1.4 SEPARACIÓN DE GRUESOS

Esta etapa se lleva a cabo en los canales donde el agua arrastra la remolacha y el resto de sólidos (piedras y basura) que quedan tras el lavado en seco.



7.1.1.5 LAVADO

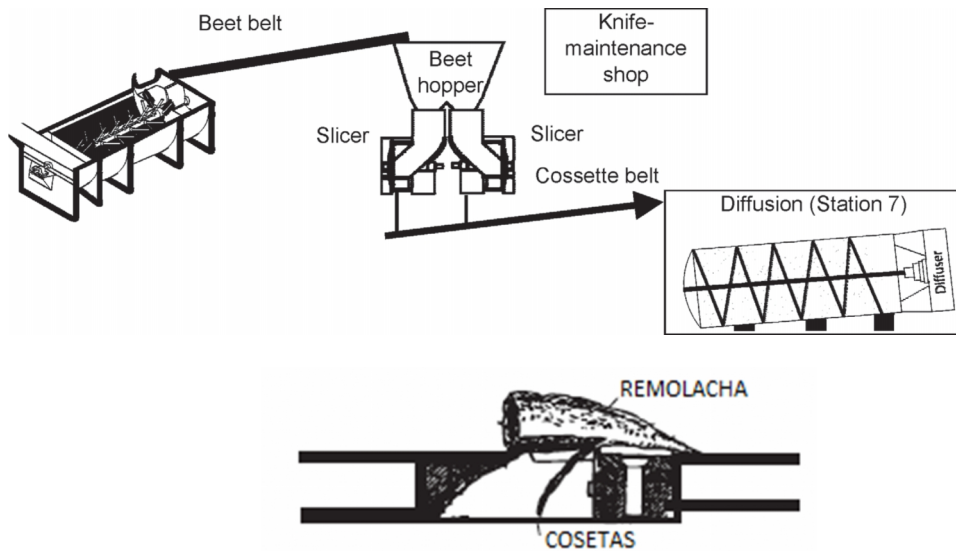
La operación de lavado sigue el siguiente ciclo, tras el “fluming” y la separación de gruesos la remolacha es transportada hacia una maquina lavadora que se encarga de hacer un lavado severo antes de ser enviado a la unidad de troceado.



Durante el lavado se desprenden fragmentos que son retirados junto con restos de tierra y fango, estos una vez filtrados se reincorporan al flujo principal y los fangos se envían a un clarificador donde el agua del proceso es recirculada y los fangos retirados.

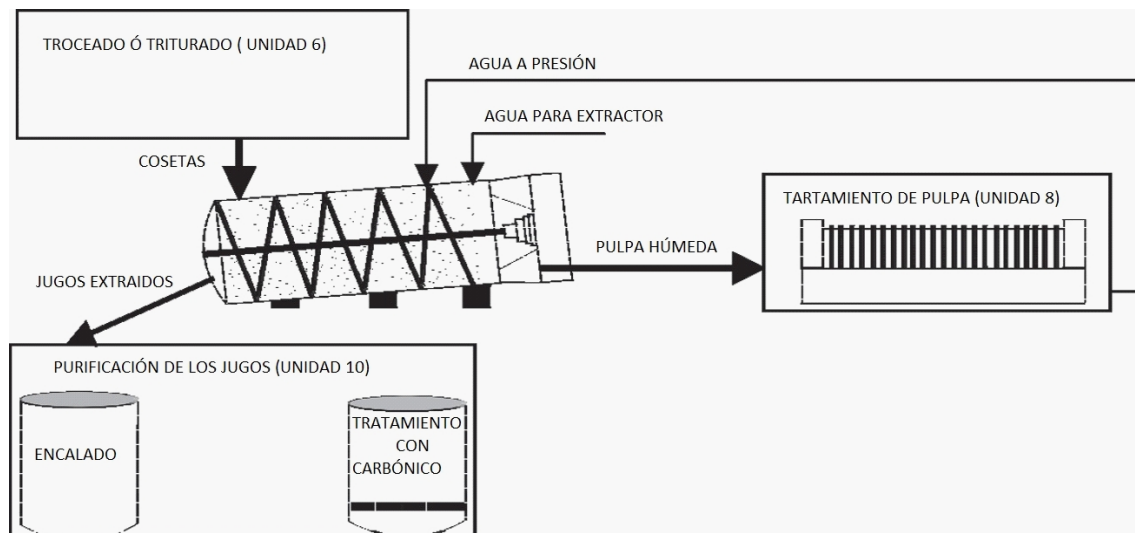
7.1.1.6 TROCEADO O TRITURADO

En esta etapa la remolacha recién lavada se corta en forma de cosetas (lascas o tiras) y es transportada mediante una cinta transportadora a la etapa de extracción.

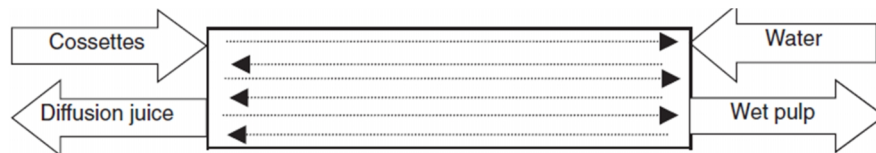


7.1.1.7 EXTRACCIÓN DE JUGOS

Durante la extracción de los jugos, las cosetas de remolacha se introducen en el extractor donde se produce el fenómeno de difusión gracias a la desnaturalización de las células de la remolacha que permiten extraer la sacarosa de su interior.



Dentro del extractor, el proceso se lleva a cabo en contracorriente para conseguir la máxima separación de los componentes de interés, aunque posteriormente durante el tratamiento de la pulpa se retirará gran cantidad de la sacarosa residual y se recirculará gracias a la presión a la que será sometida.



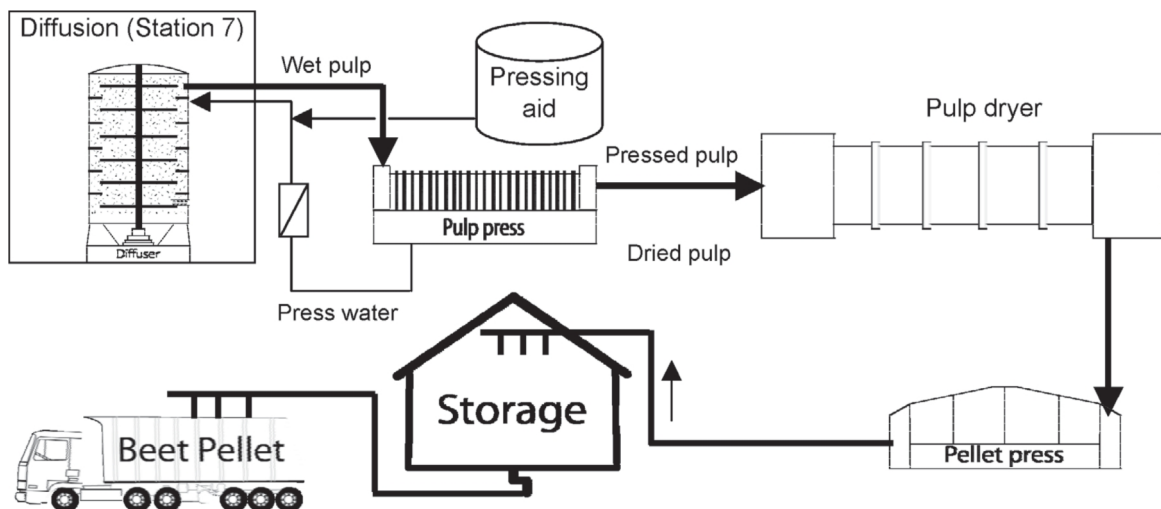
Finalmente los jugos extraídos se enviarán a la etapa de purificación de jugos, que no es más que un tratamiento para alcalinizarlos.

- **Factores que influyen sobre la etapa de extracción:**

Durante el proceso de extracción es determinante el control de ciertos parámetros como la Temperatura (70°C), el pH (5.8-6), el tiempo de retención (60-110 min), la calidad y grosor de las cosetas (cuanto más delgadas, mejor difusión) y la actividad microbiológica, ya que las cosetas de remolacha son un buen medio de cultivo para bacterias termofílicas que crecen a los 50°C y generan ácido Láctico que a su vez acidifica la mezcla, creando la necesidad de un tratamiento de purificación posterior más severo.

7.1.1.8 TRATAMIENTO DE LA PULPA

Esta etapa la conforman dos procesos, un prensado de la pulpa húmeda y seguidamente secado de esta. Primero la pulpa húmeda se introduce en un filtro prensa que se encarga de retirar el 80% del contenido en agua que es recirculada hacia la etapa de difusión, añadiendo previamente algunas sustancias ricas en iones Ca^{+2} y Na^{+} para evitar la formación de coloides.



Tras ser filtrada, la pulpa se transporta hacia el sistema de secado que consiste en la mayoría de los casos en un horno rotatorio que es alimentado por fuel, carbón o gas natural y hace conveccionar de forma forzada aire caliente a temperaturas de entre 700 y 900 °C.

En este proceso se elimina todo el contenido en agua de la pulpa, a la salida del horno la pulpa está a una temperatura de entre 60 y 90 °C, por lo que primero se deja enfriar y Finalmente se prensa formando un subproducto conocido como pellet.

Estos pellets son almacenados y vendidos como pienso para animales.

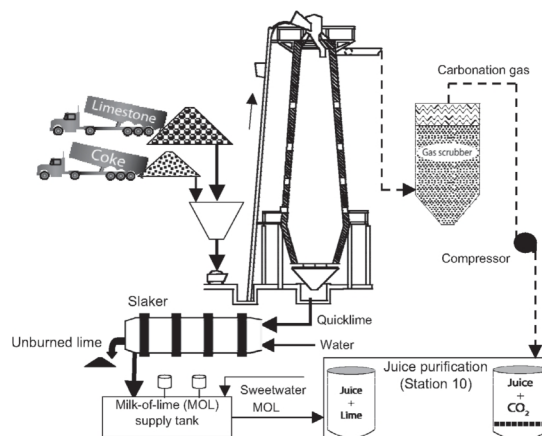


7.1.1.9 PRODUCCIÓN DE LECHE DE CAL

En esta unidad se preparan dos importantes productos para la posterior purificación de los jugos, la leche de cal (Milk-of-Lime, MOL) y el gas de carbonatación (CO_2).

Consiste en dos secciones, primero la calcinación que se lleva a cabo en el horno (donde se descompone la piedra caliza en cal viva) y el "slaking" que no es más que la dilución de la cal viva en agua para producir la leche de cal, que se almacena.

Por otro lado los gases que salen del horno de calcinación se hacen pasar por un Scrubber (purificador de gases) y se almacena.



7.1.1.10 PURIFICACIÓN DE JUGOS

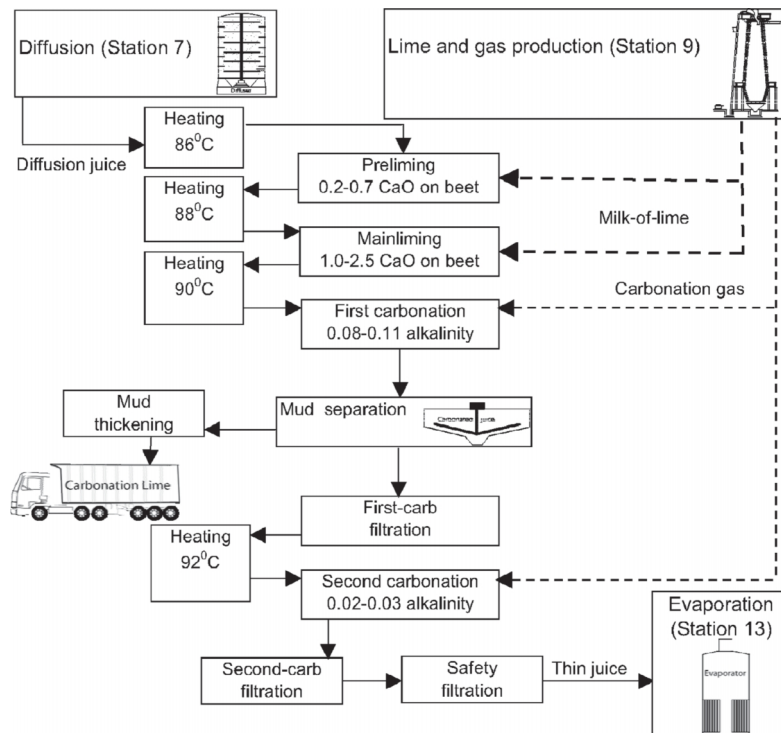
La presente etapa es la más importante en el proceso de producción del azúcar. En ella se pretende alcalinizar la composición de los jugos procedentes de la etapa de extracción con la solución de leche de cal y el CO_2 .

Tras dos etapas de atemperamiento y tratamiento con la solución de cal, se da la primera Carbonatación, durante este proceso se precipita el exceso de cal que posteriormente se separa en un clarificador, estos lodos se conocen como lodos de carbonatación.

Los lodos de carbonatación se filtran y se venden como subproducto del proceso.

Tras la clarificación el producto es filtrado y calentado para realizar una segunda carbonatación más severa, asegurando la alcalinidad deseada.

Finalmente, un segundo filtrado es seguido por uno de seguridad para garantizar que no hay sólidos en suspensión que entren en los evaporadores, el fluido obtenido es un jugo filtrado y depurado.



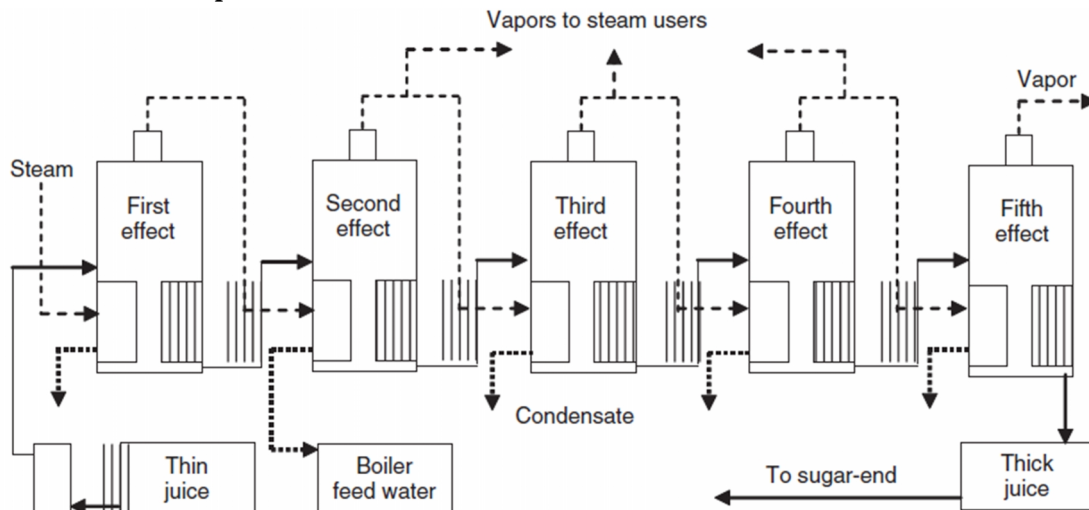
7.1.1.11 UNIDAD DE EVAPORACIÓN DE JUGOS

Durante esta etapa se concentran los jugos procedentes de la unidad de purificación creando mezclas más concentradas en sacarosa mediante unidades de intercambio de calor que utilizan vapor como materia energética, para obtener finalmente una corriente que se conoce como Jugo espeso (Thick Juice).

Generalmente este vapor se suele generar en la propia empresa con sistemas de cogeneración que utilizan calderas para generar potencia eléctrica mediante la transformación energética de energía química, procedente de la combustión, en energía mecánica que mueve solidariamente los ejes de las turbinas y posteriormente destinan el

vapor sobrante a procesos, consiguiendo de esta manera una mayor rentabilidad energética global de la planta.

En este caso, la evaporación se lleva en una unidad de evaporación de múltiple efecto, estas unidades generalmente poseen entre tres y seis efectos y cada efecto contiene de uno a tres evaporadores, también llamados cuerpos.



La elección de estos sistemas no es más que económica, ya que el único equipo que se alimenta con vapor es el primero los demás están colocados en serie de manera que el mismo vapor que sale del primer efecto alimenta el segundo y este el tercero, así sucesivamente hasta llegar al último tras el que es vertido a un condensador.

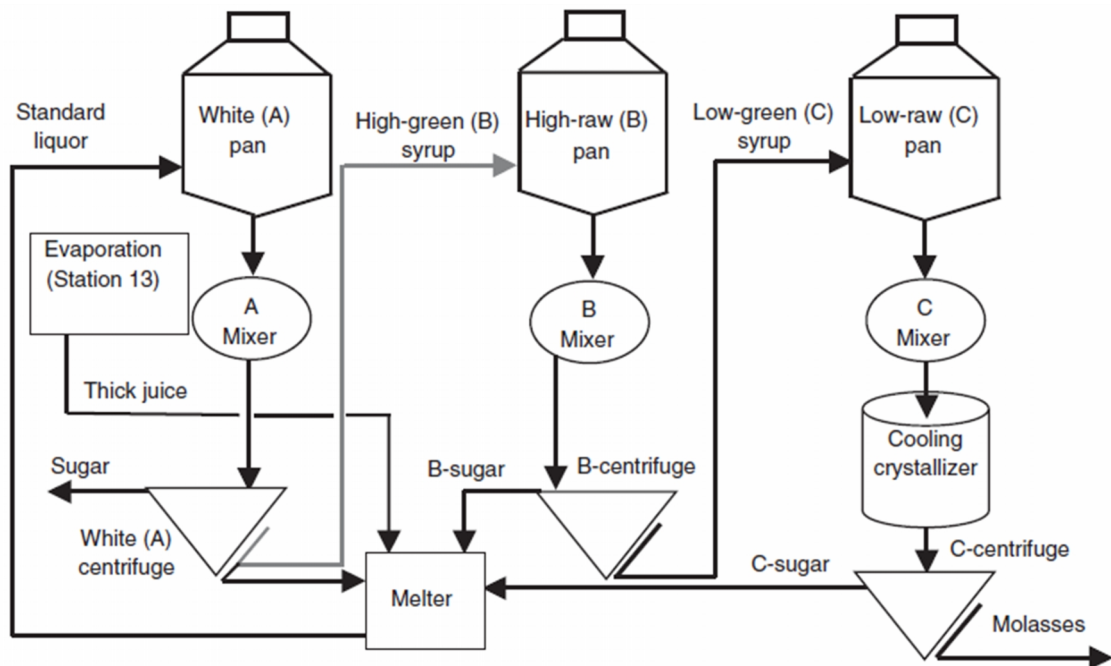
7.1.1.12 CRISTALIZACION DE LOS JARABES

En esta etapa encontramos los equipos de cristalización que son los más delicados de todo el proceso. El fin de cualquier fábrica de azúcar es obtener la mayor cantidad de azúcar posible, para conseguir esto se lleva a cabo un proceso de 3 etapas de cristalización.

En la primera etapa se produce azúcar de calidad de mercado, en la segunda y tercera etapas se producen azúcares en bruto que se disuelven en el Jugo espeso (procedente de la unidad de evaporación) para producir licor estándar, que es realimentado a la primera etapa de nuevo.

Pero, no obstante, en la tercera etapa hay una corriente de licor que resulta muy difícil de cristalizar debido a su gran viscosidad y el gran contenido en componentes no azucarados, esta corriente se conoce como **las melazas**.

De esta manera, las melazas se separan del sistema para prevenir el grado de impureza que supondría la acumulación de componentes no azucarados en la cristalización.



Las melazas son un subproducto de la industria azucarera y tienen gran variedad de aplicaciones en la industria alimentaria y biotecnológica.

7.1.2 COMPOSICIÓN DE MELAZAS

Para evaluar la composición de las melazas se ha supuesto una composición fuente de valores que proceden de estudios estadísticos previos.

En estos estudios resaltan que las propiedades de las melazas dependen de las características químicas de la remolacha y de donde se haya cultivado, el tipo de suelo utilizado hace variar desde el contenido en azúcares como los componentes traza.

En el presente proyecto de fin de carrera se utilizarán los datos procedentes al estudio realizado por D.Hubert Olbrich, Experto Biotecnólogo del "Institut für Zuckerindustrie", de Berlín (Alemania).

El uso de melazas como sustrato en la obtención del ácido L-glutámico cubre las necesidades alimenticias del microorganismo de estudio (*Corynebacterium Glutamicum*) para el proceso fermentativo.

Constituyente	Melazas de R.A. (%)
Agua	16,5%
Componentes Nitrogenados	19,0%
Constituyentes Orgánicos	
Sacarosa, C ₁₂ H ₂₂ O ₁₁	53,0%
Constituyentes Inorgánicos	
Dióxido de Silicio, SiO ₂	0,10%
Óxido de Potasio, K ₂ O	3,90%
Óxido de Calcio, CaO	0,26%
Óxido de Magnesio, MgO	0,10%
Óxido de fósforo (III), P ₂ O ₃	0,06%
Óxido de Sodio, Na ₂ O	1,30%
Óxido de Hierro (III), Fe ₂ O ₃	0,02%
Óxido de Aluminio, Al ₂ O ₃	0,07%
Dióxido de Carbono, CO ₂	3,50%
Óxido de Azufre (VI), SO ₃	0,55%
Cloruros	1,60%
TOTAL	100%

7.2 EL AGUA

Es uno de los recursos más importantes en el proceso, no tan solo como materia prima para diluir las melazas y los nutrientes que intervendrán en la fermentación sino también como corriente de refrigeración en los intercambiadores de calor o serpentines y para el lavado de la torta resultante durante las operaciones de filtración.

En cuanto a su función como materia prima en el proceso fermentativo, se utilizará el agua potable de la provincia de Cádiz, esta corriente pasará antes por una columna de intercambio iónico para mantener el pH neutro, debido al alto contenido en cal de esta en este lugar, y por una unidad de esterilización encargada de eliminar todo

resto de microorganismos patógenos o que pudiesen competir por el sustrato durante la fermentación.

Además, siempre estará disponible para otros servicios como para la limpieza, necesidades sanitarias o de seguridad, como por ejemplo para apagar incendios.

7.3 EL AIRE

La aireación es uno de los principales problemas en cualquier proceso fermentativo, la necesidad de que el medio reciba una cantidad de oxígeno suficiente para un correcto desarrollo es de vital importancia.

La reacción biológica llevada a cabo dentro del reactor necesita unas condiciones aerobias que necesitan ser satisfechas para obtener el producto de interés.

Se utilizará aire procedente de los exteriores, necesitara por tanto ser pre tratado antes de introducirse en el bioreactor. Esta corriente, impulsada por un compresor se hará pasar por un filtro de membrana en el que se eliminarán las partículas de polvo y otros residuos que contuviese el aire.

7.4 EL VAPOR

Las corrientes de vapor utilizadas como agente principal en esterilización de los compuestos se obtendrán de una estación de cogeneración adyacente a la que se le comprará el caudal oportuno para realizar dichas operaciones.

Se obtendrá de la planta de cogeneración adyacente de CEPESA QUIMICA[®] en el polígono Puerto Nuevo de Palos de la Frontera.

La corriente de vapor se alimentará a 121°C y presión atmosférica.

7.5 LOS NUTRIENTES

La ultima materia prima son los nutrientes, también conocidos como trazas ya que su concentración en el medio es tan baja respecto del resto de componentes que a priori podrían considerarse despreciables , pero nada más lejos de la realidad. Estos elementos tiene una función muy importante en el desarrollo celular a lo largo de la fermentación; Siendo suficiente un pequeño exceso o defecto de ellos para repercutir en grandes fallos productivos y formaciones de otros subproductos.

En nuestra reacción biológica se utilizarán el siguiente conjunto de elementos traza, estos proceden de un estudio publicado en “International Journal of Engineering Science and Technology (IJEST)” por “N. S. Khan et al.” Donde se lleva a cabo un experimento parecido al descrito en este proyecto pero a escala de laboratorio.

Así mismo, los elementos traza utilizados fueron:

Elementos traza	Concentración
Urea	5 [g/L]
CSL, Corn Steep Liquor	5 [mL/L]
K ₂ HPO ₄	1 [g/L]
KH ₂ PO ₄	1 [g/L]
MgSO ₄ ·7H ₂ O	0,4 [g/L]
FeSO ₄ ·7H ₂ O	0,01 [g/L]
MnSO ₄ ·H ₂ O	0,01 [g/L]
thiamine HCl	$8 \cdot 10^{-5}$ [g/L]
Biotina	$5 \cdot 10^{-6}$ [g/L]

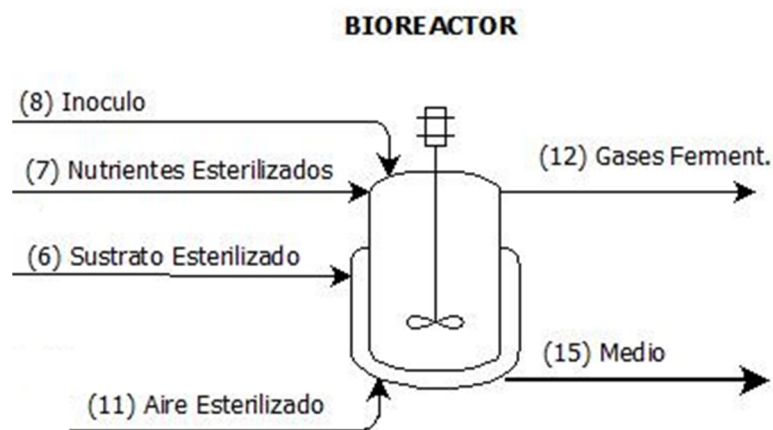
Es de vital importancia controlar el nivel de biotina en este proceso ya que un exceso de ella conlleva perdidas severas en la producción del ácido L-Glutámico.

8 PROCESO FERMENTATIVO

En este apartado se describirán tanto las condiciones de operación en el proceso fermentativo como los resultados obtenidos durante el diseño mecánico y de los parámetros de operación de los reactores diseñados al igual que los parámetros auxiliares como la aireación, agitación, las operaciones de intercambio de calor y control de las variables que intervienen de forma más determinante en el proceso.

También se describen los conceptos cinéticos utilizados, el ajuste de la ecuación microbiológica y el escalamiento del pre fermentadores desde escala de laboratorio a industrial.

A continuación se expone un diagrama de las corrientes que intervienen en esta parte del proceso.



8.1 MICROORGANISMO

En el presente proyecto de fin de carrera, para la producción del ácido L-Glutámico existían varias opciones a la hora de elegir un microorganismo válido.

Finalmente se eligió la bacteria *Corynebacterium Glutamicum* por ser uno de los organismos preferidos cuando se trabaja en discontinuo, por motivos económicos, ya que los medios donde puede cultivarse son baratos

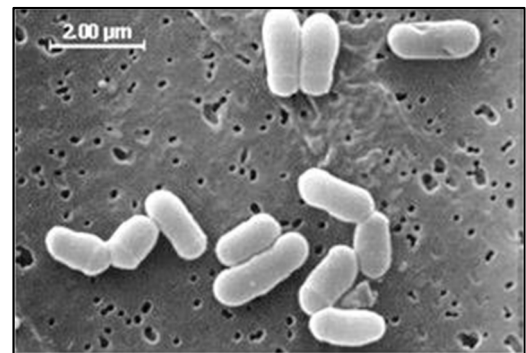


Imagen 1- *Corynebacterium Glutamicum*.

(cualquier medio que contenga sacarosa o glucosa entre otros) y por la innovación que supone con respecto a otros microorganismos más conocidos.

Es una bacteria de tipo Gram +, con forma de vara.

La ventaja de usar una bacteria con respecto a otro tipo de microorganismo es que a medida que crece en el caldo fermentativo no aumenta la viscosidad de este, facilitando las operaciones de aireación y agitación del medio al igual que la refrigeración.

Tipo de microorganismo	Temp. Mínima (°C)	Temp. Óptima (°C)	Temp. Máxima (°C)
Psicrófilo	-5 - 5	12 - 15	15 - 20
Psicrótrofo	-5 - 5	25 - 30	30 - 35
Mesófilo	5 - 15	30 - 45	35 - 47
Termófilo	40 - 45	55 - 75	60 - 90

Es un microorganismo de tipo mesófilo, es decir su temperatura óptima de crecimiento está entre 30 y 45 °C. En vistas al diseño lo mejor es mantener la temperatura lo más baja posible por posibles aumentos de temperatura debidos a diversos problemas operativos durante la fermentación.

El pH óptimo de crecimiento del *C. Glutamicum* es pH neutro (7.0) es decir es un microorganismo de tipo neutrófilo.

En el caso de estudio, la cepa elegida fue la CECT 4157 por colección española de cultivos, conocida más comúnmente como ATCC 13032.

Este cepa es del grupo 1 de riesgo biológico que consultando la normativa en el Instituto Nacional de la Seguridad e Higiene en el Trabajo (INSHT), encontramos el documento “NPT 833: Agentes bilógicos. Evaluación Simplificada del año 2009” en el se puede encontrar la siguiente tabla:

GRUPO DE RIESGO	RIESGO INFECCIOSO	RIESGO DE PROPAGACIÓN	PROFILAXIS O TRATAMIENTO EFICAZ
1	Poco probable que cause enfermedad	No	Innecesario
2	Puede causar enfermedad. Puede suponer un peligro para los trabajadores.	Poco probable	Sí
3	Puede causar una enfermedad grave. Suponen un serio peligro para los trabajadores.	Probable	Sí
4	Provocan una enfermedad grave. Suponen un serio peligro para los trabajadores.	Elevado	No conocido en la actualidad

Tabla 1. Clasificación de los agentes biológicos en grupos de riesgo

A través del cual se puede comprobar que se trata de un agente con poco riesgo de propagación y que es poco probable que sea el causante de alguna enfermedad.

Estos datos son de gran importancia a la hora de eliminar los residuos de la fermentación, ya que si se eliminasen de manera inadecuada se estaría cometiendo un delito en contra de la salud pública.

Posteriormente se hablará de los residuos de la fermentación y de sus posibles salidas comerciales.

8.2 REACCIÓN Y CINÉTICA

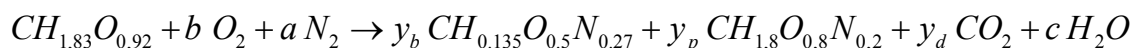
8.2.1 ESTEQUIOMETRIA DE LA REACCIÓN BIOLÓGICA

Para conocer la reacción biológica que rige el proceso de interés se utilizó un método descrito en el libro “P.M. Doran, *Bioprocess Engineering Principles*, Elsevier Science & Technology Books, Ed. 1995” en el que se describe como mediante un balance a cada uno de los elementos que componen los compuestos que intervienen la reacción y con un posterior balance de electrones o balance redox es posible hallar los coeficientes estequiométricos de cada uno de los compuestos.

Existen distintos métodos en función de si la cinética es de tipo asociada al crecimiento o no, en el caso del presente proyecto de carrera la cinética es del tipo asociado al crecimiento, así pues se aplicó el método propuesto por la documentación considerando la sacarosa de las melazas como sustrato ($C_{12}H_{22}O_{11}$), el microorganismo *Corynebacterium glutamicum* ($CH_{0.135}O_{0.5}N_{0.27}S_{0.0014}$), Nitrogeno molecular (N_2) y el propio Ácido Glutámico ($C_5H_9NO_4$);

Método de ajuste para Reacciones Biológicas:

1º) Se plantea la formula general de las reacciones biológicas:



2º) Aplicamos un balance a los Elementos que componen los compuestos de la reacción:

$$\text{Balance al C: } 1 = y_b + y_d + y_p$$

$$\text{Balance al N: } a = q \cdot y_b + t \cdot y_p$$

~~$$\text{Balance al C: } m + 3 \cdot a = p \cdot y_b + r \cdot y_p + 2 \cdot c$$~~

~~$$\text{Balance al N: } l + 2 \cdot b = n \cdot y_b + s \cdot y_p + 2 \cdot y_d + c$$~~

$$RQ = y_d / b$$

Se desprecian los balances del Hidrogeno y el Oxígeno, dado que el agua no es medible, por tanto no se calculará “c”, por tanto tenemos 3 ecuaciones (Bal. N, Bal. C y RQ) Y 5 Incógnitas(a, b, y_p, y_b, y_d) por lo tanto necesitamos dos ecuaciones adicionales.

3º) Aplicamos un balance de electrones o redox:

Antes de aplicar las ecuaciones del balance , debemos conocer el Grado de reducción de los compuestos (sustrato , biomasa y producto):

Conociendo las valencias de los elementos podemos calcular los grados de reducción de cada uno de ellos:

Compuesto	Grado de Reducción
Sustrato	$\gamma_s = 4 + m - 2 \cdot l$
Biomasa	$\gamma_b = 4 + p - 2 \cdot n - 3 \cdot q$
Producto	$\gamma_p = 4 + r - 2 \cdot s - 3 \cdot t$
N ₂	$\gamma_{NH_3} = 0$
CO ₂	$\gamma_{CO_2} = 0$
O ₂	$\gamma_{O_2} = -4$

$$\gamma_s = 4 + 1,83 - 2 \cdot 0,9167 = 4$$

$$\gamma_b = 4 + 0,135 - 2 \cdot 0,5 - 3 \cdot 0,27 = 3,83$$

$$\gamma_p = 4 + 1,8 - 2 \cdot 0,8 - 3 \cdot 0,2 = 3,6$$

Aplicando un balance de electrones al sistema obtenemos:

$$\gamma_s - 4 \cdot b = \gamma_b \cdot y_b + \gamma_p \cdot y_p$$

Además también es necesaria una ecuación adicional o poder definir un parámetro más para poder resolver el sistema; Determinaremos y_b ya que conocemos experimentalmente el Rendimiento biomasa sustrato ($Y_{X/S}$):

$$y_b = Y_{X/S} \cdot \frac{PM_{SUSTRATO}}{PM_{BIOMASA}}$$

Conociendo tanto $Y_{X/S}$ como los pesos moleculares del sustrato y la biomasa, conocemos y_b mediante un cálculo directo:

PM SUSTRATO	189,72	[g/mol]
PM BIOMASA	183,65	[g/mol]
$Y_{X/S}$	0,12	[Kg X/Kg S]
Y_b	0,1240	[mol X/mol S]

A continuación, podemos resolver el sistema de ecuaciones:

$$(1) \quad 1 = y_p + y_d + y_b \quad ;$$

$$(2) \quad a = 0,7 \cdot y_b + 0,2 \cdot y_p \quad ;$$

$$(3) \quad \gamma_s - 4b = \gamma_b \cdot y_b + \gamma_p \cdot y_p \quad ;$$

$$(4) \quad RQ = \frac{y_d}{b} \quad ;$$

$$(5) \quad y_b = Y_{X/S} \cdot \frac{PM_{SUSTRATO}}{PM_{BIOMASA}} \quad ;$$

Conociendo el valor de $RQ=0,715$ y el de y_b , se resuelve el sistema de ecuaciones y se obtienen los siguiente resultados:

Coef. Estequiométricos	
RQ	0,715
b	0,807
yp	0,300
yd	0,577
a	0,081

Sustituyéndolos en la Reacción:



8.2.2 CINÉTICA DE LA REACCIÓN

Para realizar los cálculos cinéticos se utilizó el programa MATLAB® para hacer una simulación de las curvas cinéticas utilizando parámetros previamente calculados por la estequiometría o estimados, en alguna ocasión gracias a recursos bibliográficos.

Las condiciones de contorno utilizadas en las simulaciones fueron:

$X_0=0.164;$	% Concentración inicial de la biomasa (kg/m ³)
$S_0=30;$	%Concentración inicial del sustrato (kg/m ³)
$P_0=0;$	%Concentración inicial del producto (kg/m ³)
$t_s=0;$	% Tiempo inicial (h)
$t_f=24;$	%Tiempo final (h)
$n=100;$	%Numero de valores *

*El número de valores es el parámetro que especifica los intervalos de tiempo que el usuario desea que el programa utilice para resolver el sistema de ecuaciones diferenciales, cuanto mayor sea el número de valores más precisa será la curva.

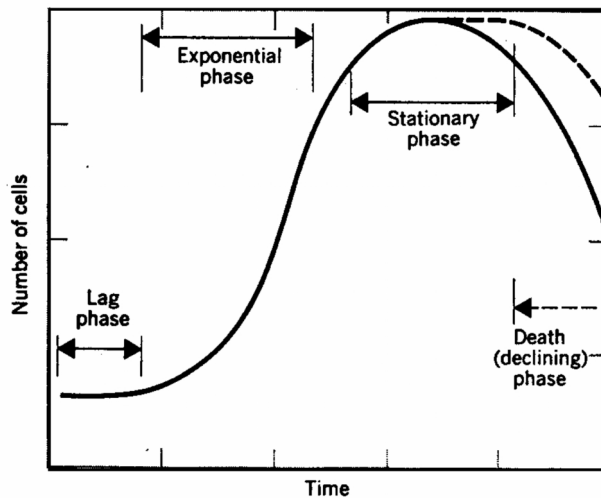
Constantes cinéticas:

$\mu_{max}, \mu_{max}=0.21;$	% Velocidad específica máxima de crecimiento(h ⁻¹)
$K_s, \quad k_s=0.105;$	% Constante de Saturación (kg/m ³)
$Y_{X/S}, \quad Y_{OXS}=0.12;$	% Coeficiente de rendimiento biomasa sustrato (kg biomasa/kg sustrato)

Constantes del Modelo de:

α , $\alpha=3.23$;	%	Coeficiente de formación de producto asociado al crecimiento ($\text{kg}_{\text{producto}}/\text{kg}_{\text{biomasa}}$)
β , $\beta=0$;	%	Coeficiente de formación de producto no asociado al crecimiento ($\text{kg}_{\text{producto}} \cdot \text{kg}_{\text{biomasa}}^{-1} \cdot \text{h}^{-1}$)
m_s , $m_s=0.07$;	%	Coeficiente de mantenimiento de células ($\text{kg}_{\text{sustrato}} \cdot \text{kg}_{\text{biomasa}}^{-1} \cdot \text{h}^{-1}$)
X_{\max} , $X_{\max}=3.88$;	%	Concentración máxima de biomasa en el medio ($\text{kg}_{\text{biomasa}}/\text{m}^3$)

Para obtener la cinética de la reacción, en un inicio, se intentó aplicar una cinética tipo Monod. La ventaja de suponer una cinética tipo Monod o un modelo matemático basado en este tipo de cinética es que a diferencia de otros modelos como el modelo de Michaelis Menten en el que se tiene que analizar de forma individual cada una de las etapas del crecimiento celular ni al tipo de inhibición al que esté sometida.



La cinética tipo Monod solo depende de la cantidad de la cantidad de sustrato y gracias a su expresión es posible conocer la velocidad específica de crecimiento del microorganismo.

$$\mu = \frac{\mu_{\max} \cdot [S]}{K_s + [S]}; \quad \text{Linealizando la Ec:} \quad \frac{1}{\mu} = \frac{1}{\mu_{\max}} + \frac{K_s}{\mu_{\max} \cdot [S]}$$

Tras una respuesta negativa del modelo al sistema de estudio fue necesario buscar otro modelo cinético que se ajustara al proceso;

Mediante una búsqueda bibliográfica, se encontró un estudio del “International Journal of Engineering Science and Technology (IJEST)” realizado por “N. S. Khan et al.” Donde se explicaba, como se comentó previamente, un caso de estudio a escala de laboratorio y planta piloto en el que se reproducían condiciones muy similares al caso de estudio.

En este artículo se encontraba un modelo matemático basado en el la Ecuación de Monod y que consistía en las siguientes tres ecuaciones:

1.- Ecuación de la producción de biomasa:

$$\frac{dX}{dt} = \mu_{\max} \cdot [X] \cdot \left(1 - \left(\frac{[X]}{[X \max]} \right) \right);$$

2.- Ecuación de consumo de sustrato:

$$\frac{dS}{dt} = -\frac{1}{Y_{X/S}} \cdot \left[\frac{dX}{dt} \right] + m_s \cdot [X];$$

3.- Ecuación de formación de producto

$$\frac{dP}{dt} = \alpha \cdot \left[\frac{dX}{dt} \right] + \beta \cdot [X];$$

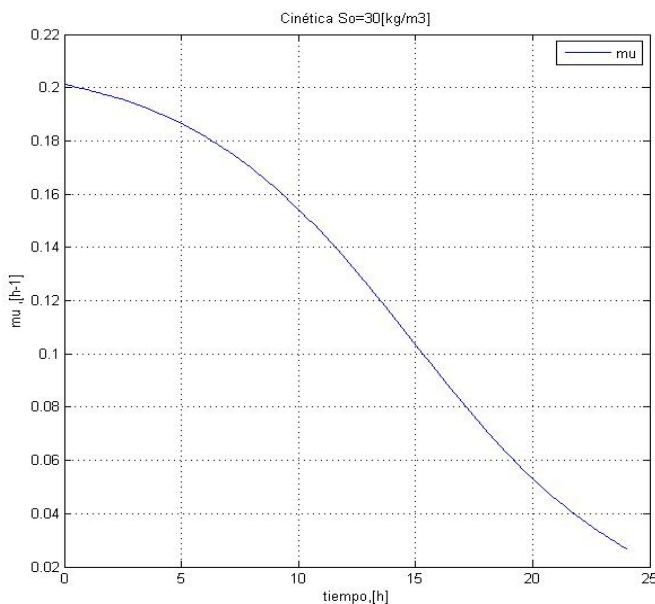
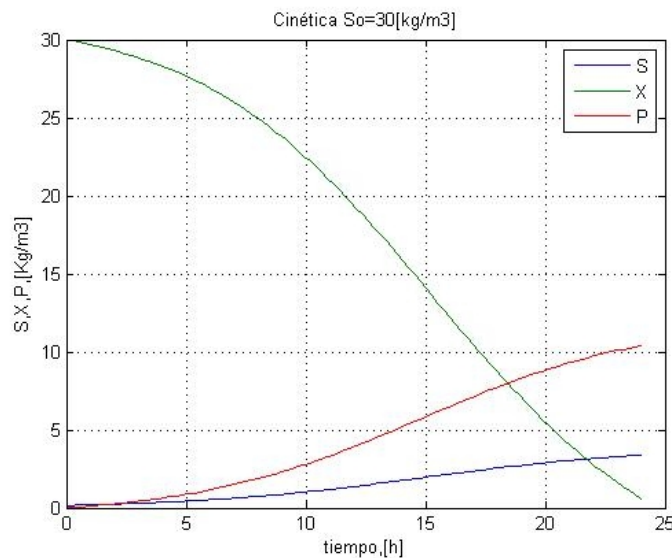
Donde α y β son parámetros asociados al tipo de cinética, y sus valores varían si esta es asociada al crecimiento del microorganismo o no.

Asociada al crecimiento	No asociada al crecimiento
$\alpha \neq 0$	$\alpha = 0$
$\beta = 0$	$\beta \neq 0$

En nuestro la cinética es de tipo asociada al crecimiento por tanto, como no se tenía forma de estimar el valor de α , se supuso el valor bibliográfico, al igual que con el valor de m_s .

Para resolver el sistema de ecuaciones diferenciales utilizamos el software de modelos físico-matemáticos MATLAB®, arrancando la simulación se programaron 3 archivos de donde se programan la evolución de los tres parámetros con el tiempo.

Estas representaciones gráficas recogen tanto la evolución de los parámetros cinéticos como la evolución de la velocidad específica de crecimiento (μ) con el tiempo:



La justificación de la Simulación se expone en el documento "ANEXOS" donde se incluirá el código de la simulación.

De estas gráficas se obtienen las concentraciones finales de $[S]_F$, $[X]_F$ y $[P]_F$ con valores:

$[P]_F$	10,4	[Kg/m3]
$[X]_F$	3,40	[Kg/m3]
$[S]_F$	0,57	[Kg/m3]

Estos datos nos permitirán resolver los balances de materia posteriormente y realizar los escalamientos de los equipos.

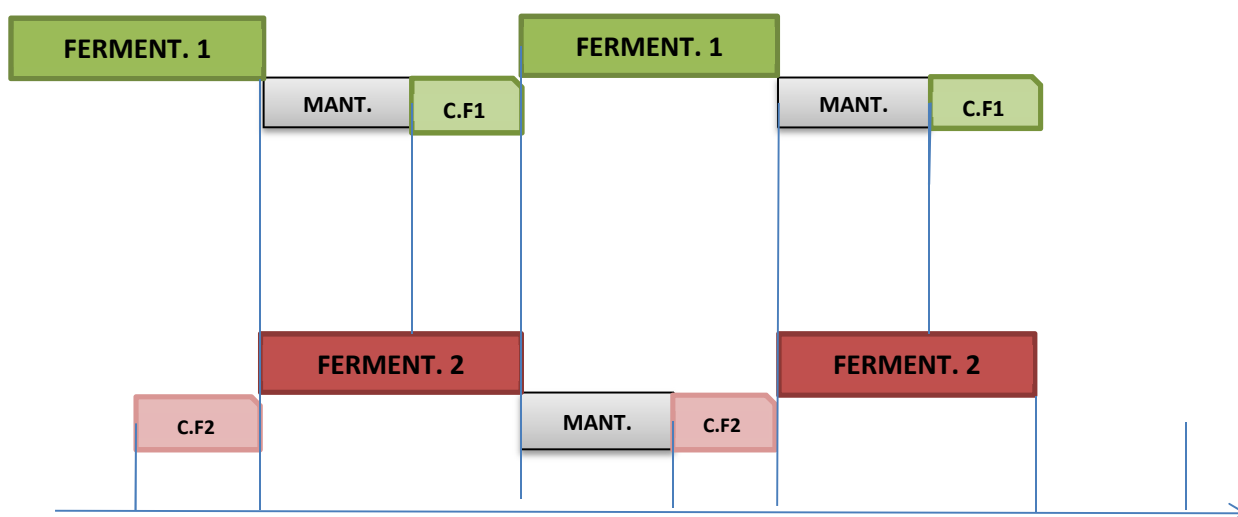
8.3 PLANIFICACIÓN DEL PROCESO

Como ya habíamos especificado previamente, la reacción se llevará a cabo en un reactor discontinuo, teniendo en cuenta que la reacción lleva a cabo en 24 h se supuso que el tiempo de carga y descarga iba a contabilizar un 60% del tiempo reacción, para poder analizar la situación desde la peor de las posibilidades.

Por tanto el tiempo total del proceso sería de 38,4 horas, teniendo en cuenta que en un año hay 8640 horas podemos estimar que a priori se podrían realizar 225 ciclos u operaciones y a su vez, contabilizando las vacaciones, las festividades y otros problemas operativos suponiendo un 80% de efectividad descenderíamos a los 180 ciclos/año.

En base a esto y a la producción promedio de la planta se estimó que sería rentable trabajar en estas condiciones pudiendo alcanzar una Tasa Interna de Retorno (TIR%) de al menos el 20%, los detalles sobre la rentabilidad de la planta se especificarán más tarde en el documento “PRESUPUESTO”.

Teniendo en cuenta los periodos de carga y descarga y el mantenimiento se elaboró un diagrama donde se plantea la como se llevará a cabo el proceso fermentativo:



- CF: Carga del Fermentador
- MANT.: Descarga, Esterilización y Mantenimiento.
- FERMENT.: Fermentación.

8.4 INOCULACIÓN

El primer paso en el proceso fermentativo es la preparación del inóculo, que primeramente será elaborado a escala de laboratorio y posteriormente escalado a escala industrial.

8.4.1 ESCALA DE LABORATORIO

El inóculo se prepara transfiriendo las células cultivadas en una probeta con Agar a un Erlenmeyer de 500 mL que contiene 100 ml de medio de cultivo.

La probeta con agar se mantiene durante todo el proceso a un pH neutro 7.0 siendo inicialmente ajustado gracias a unas disoluciones de hidróxido de potasio (KOH) y ácido clorhídrico (HCl). La temperatura se mantendrá a la temperatura óptima de crecimiento del microorganismo (30 °C).

Ambos parámetros serán controlados durante tres días antes de inocularse en el medio de cultivo.

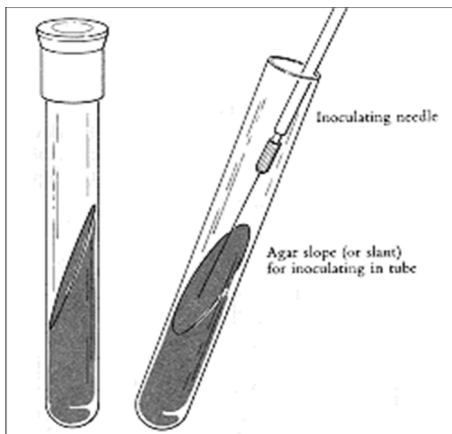


Imagen1.- Preparación de la probeta con Agar

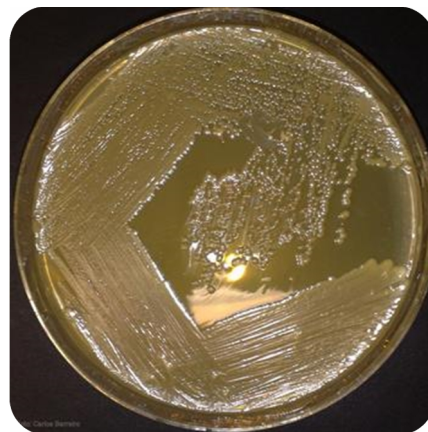


Imagen2.- Probeta con cultivo de C.Glutamicum.

El medio de cultivo se preparará utilizando una composición de:

Compuesto	Composición	
Sacarosa, C ₁₂ H ₂₂ O ₁₁	50	[g/l]
Urea , CO(NH ₂) ₂	5	[g/l]
Concentrado de Maiz, CSL	5	[ml/l]
K ₂ HPO ₄	1	[g/l]
KH ₂ PO ₄	1	[g/l]
MgSO ₄ ·7H ₂ O	0,4	[g/l]
FeSO ₄ ·7H ₂ O	0,01	[g/l]
MnSO ₄ ·H ₂ O	0,01	[g/l]
Biotina	5·10 ⁻⁶	[g/l]
Tiamina - HCl	8·10 ⁻⁵	[g/l]

Se puede comprobar que la composición del medio es mayoritariamente Sacarosa, siendo el resto de elementos y compuestos trazas para que el microorganismo se desarrolle adecuadamente.

Estas trazas, en su mayoría están compuestas por sales metálicas y concentradas de proteínas que favorecen el crecimiento de la población y la resistencia del medio.

Para esterilizar el medio antes de comenzar la fermentación se usará un sistema de filtración por membranas para la Biotina y la Tiamina - HCl, con un diámetro de poro de 0,2 µm mientras que para el resto de los componentes se utilizará un autoclave que trabajará a una presión de 1 atm (120°C) durante 15 minutos.



Imagen1.- Filtro de 0,2 micras



Imagen2.- Autoclave

Tras la esterilización, el medio preparado se introducirá en una incubadora durante 18 h donde se agitará a 30°C antes de ser inoculada en el los pre fermentadores que contendrán el medio de producción.

8.4.2 PRE FERMENTADORES

Para poder conseguir un volumen de 30 metros cúbicos de producción deberemos llevar el inóculo hasta un volumen equivalente, de esta manera el escalamiento de los reactores se realizará utilizando un factor del 10% de capacidad entre una unidad y otra.

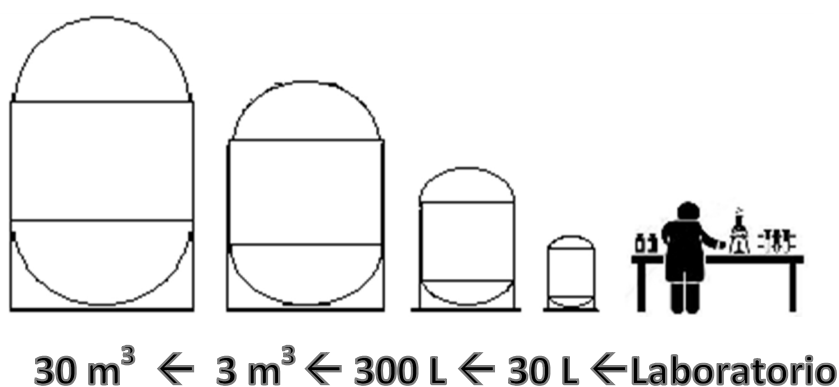


Imagen.- Escalamiento de los equipos para la fermentación.

En cuanto a los parámetros mecánicos de los pre fermentadores, durante el diseño mecánico de los fermentadores principales (30 m³) concluimos en que como el espesor de la envolvente, cabezas y fondos fueron diseñados para una presión mucho más elevada a la que serían sometidos los pre fermentadores, y no supondrían un sobre coste excesivo, se utilizarán los mismos espesores en todos los equipos.

EL cálculo de Los siguientes parámetros será posteriormente detallado en el documento de los “ANEXOS”.

Símbolo	Parámetro	Valor	Unidades
t _{envolvente}	Espesor de la envolvente	0,5	[cm]
t _{fondos}	Espesor de los fondos	1	[cm]
t _{cabezas}	Espesor de la cabeza	1	[cm]

Tabla 1.- Espesores de los recipientes, según ASME SC.VIII div.1

El medio de producción utilizado en los fermentadores tendrá ciertas variaciones respecto al utilizado a escala de laboratorio;

Compuesto	Composición	
Sacarosa, C ₁₂ H ₂₂ O ₁₁	50	[g/l]
Urea , CO(NH ₂) ₂	8	[g/l]
K ₂ HPO ₄	1	[g/l]
KH ₂ PO ₄	1	[g/l]
MgSO ₄ ·7H ₂ O	0,4	[g/l]
FeSO ₄ ·7H ₂ O	0,01	[g/l]
MnSO ₄ ·H ₂ O	0,01	[g/l]
Biotina	1	[µg/l]
Tiamina - HCl	8·10 ⁻⁵	[g/l]

Este medio será el mismo que alimente todos los equipos, obteniendo la sacarosa de la dilución de las melazas en agua.

Es importante remarcar el hecho de que parámetros como la velocidad de agitación del recipiente irán disminuyendo con un aumento del volumen de los recipientes, parámetro inversamente proporcional a la potencia que consumirán sus motores.

De cara a la productividad se utilizarán dos equipos de pre fermentación por etapa en caso que se necesite hacer una parada por mantenimiento, poder utilizar un equipo auxiliar.

8.4.2.1PRE FERMENTADOR 1

El primer pre fermentador será un reactor discontinuo que se utilizará para alimentar la siguiente unidad de reacción. Tendrá un volumen de 30 L y estará construido en acero inoxidable AISI 304. La presión de trabajo serán 1 atm y la temperatura del proceso de 30 °C.

Al comienzo de la fermentación el pH se estabilizara en 7.0 gracias a disoluciones de KOH y HCl.

La corriente que constituirá la alimentación de este equipo estará compuesta por:

ALIMENTACIÓN (F) PRE FERMENTADOR 1			
MELAZAS			
Composición	Compuesto	Kg/Lote	
53,0%	Sacarosa	0,78	
16,5%	Agua	0,24	
19,0%	Comp Nitrogenados	0,28	
11,5%	Otros Óxidos	0,17	
TOTAL			1,46
AGUA			
Composición	Compuesto	Kg/Lote	
100%	Agua	24	
TOTAL			24
TRAZAS			
Composición	Compuesto	Kg/Lote	
67%	Urea	17,43	
33%	Otros	0,08	
TOTAL			0,26
TOTAL		26,03	Kg/Lote

La aireación del medio se realizará gracias a la inyección de aire de los exteriores, previamente es filtrado, por un compresor.

El criterio que se seguirá para airear el medio será utilizar una corriente de aire que alimente a la población con una concentración de oxígeno disuelto igual al 30% de la concentración de saturación del aire a la presión y temperatura de trabajo, 1 atmosferas y 30 °C (T^a óptima de crecimiento) respectivamente.

Mediante la Ley de Henry se obtuvo que la concentración de saturación del oxígeno para el caso de estudio será de 7,9 mg O₂/L, es decir, la concentración necesaria será de 2,4 mg O₂/L (0,3*7.9 mg O₂/L).

Por tanto, la cantidad de Aire a inyectar a lo largo del proceso será de:

Entrada Aire		
Composición	Compuesto	Kg/Lote
N2	1,39	[Kg/s]
O2	0,37	[Kg/s]
TOTAL	1,76	[Kg/s]

Conociendo la duración del proceso fermentativo, 24 h, se puede estimar fácilmente la cantidad de Aire que se alimentará.

Todos los cálculos se analizarán en mayor profundidad en el documento “ANEXOS”.

8.4.2.2PRE FERMENTADOR 2

El siguiente fermentador será un reactor discontinuo que se utilizará para alimentar la siguiente unidad de reacción. Tendrá un volumen de 260 L y estará construido en acero inoxidable AISI 304.

La presión de trabajo serán 1 atm y la temperatura del proceso de 30 °C.

Al comienzo de la fermentación el pH se estabilizara en 7.0 gracias a disoluciones de KOH y HCl.

La corriente que constituirá la alimentación de este equipo estará compuesta por:

ALIMENTACIÓN			
MELAZAS			
Composicion	Compuesto	Kg/Lote	
53,0%	Sacarosa	7,76	
16,5%	Agua	2,42	
19,0%	Comp Nitrogenados	2,78	
11,5%	Otros Oxidos	1,68	
TOTAL			14,64
AGUA			
Composicion	Compuesto	Kg/Lote	
100%	Agua	243	
TOTAL			243
TRAZAS			
Composicion	Compuesto	Kg/Lote	
67%	Urea	17,43	
33%	Otros	0,84	
TOTAL			2,59
TOTAL		260,32	Kg/Lote

La aireación del medio se realizará gracias a la inyección de aire de los exteriores, previamente es filtrado, por un compresor.

El criterio que se seguirá para airear el medio será utilizar una corriente de aire que alimente a la población con una concentración de oxígeno disuelto igual al 30% de la concentración de saturación del aire a la presión y temperatura de trabajo, 1 atmosferas y 30 °C (T^a óptima de crecimiento) respectivamente.

Mediante la Ley de Henry se obtuvo que la concentración de saturación del oxígeno para el caso de estudio será de 7,9 mg O₂/L, es decir, la concentración necesaria será de 2,4 mg O₂/L ($0,3 \cdot 7.9$ mg O₂/L).

Por tanto, la cantidad de Aire a inyectar a lo largo del proceso será de:

Entrada Aire		
N2	11,38	[Kg/s]
O2	3,02	[Kg/s]
TOTAL	14,40	[Kg/s]

Conociendo la duración del proceso fermentativo, 24 h, se puede estimar fácilmente la cantidad de Aire que se alimentará.

Todos los cálculos se analizarán en mayor profundidad en el documento “ANEXOS”.

8.4.2.3 PRE FERMENTADOR 3

El presente fermentador será el último reactor antes de la unidad principal, también será un reactor discontinuo que se utilizará para alimentar la siguiente unidad de reacción. Tendrá un volumen de 2.6 m³ (2600 L) y también estará construido en acero inoxidable AISI 304.

La presión de trabajo serán 1 atm y la temperatura del proceso de 30 °C.

Al comienzo de la fermentación el pH se estabilizara en 7.0 gracias a disoluciones de KOH y HCl.

La corriente que constituirá la alimentación de este equipo estará compuesta por:

ALIMENTACIÓN		
MELAZAS		
Composicion	Compuesto	Kg/Lote
53,0%	Sacarosa	77,58
16,5%	Agua	24,15
19,0%	Comp Nitrogenados	27,81
11,5%	Otros Oxidos	16,78
TOTAL		146,39
AGUA		
Composicion	Compuesto	Kg/Lote
100%	Agua	2431
TOTAL		2431
TRAZAS		
Composicion	Compuesto	Kg/Lote
67%	Urea	17,43
33%	Otros	8,43
TOTAL		25,86
TOTAL		2603,24 Kg/Lote

La aireación del medio se realizará gracias a la inyección de aire de los exteriores, previamente es filtrado, por un compresor.

El criterio que se seguirá para airear el medio será utilizar una corriente de aire que alimente a la población con una concentración de oxígeno disuelto igual al 30% de la concentración de saturación del aire a la presión y temperatura de trabajo, 1 atmosferas y 30 °C (T^a óptima de crecimiento) respectivamente.

Mediante la Ley de Henry se obtuvo que la concentración de saturación del oxígeno para el caso de estudio será de 7,9 mg O₂/L, es decir, la concentración necesaria será de 2,4 mg O₂/L (0,3*7.9 mg O₂/L).

Por tanto, la cantidad de Aire a inyectar a lo largo del proceso será de:

Entrada Aire		
N2	11,38	[Kg/s]
O2	3,02	[Kg/s]
TOTAL	14,40	[Kg/s]

Conociendo la duración del proceso fermentativo, 24 h, se puede estimar fácilmente la cantidad de Aire que se alimentará.

Todos los cálculos se analizarán en mayor profundidad en el documento “ANEXOS”.

8.5 FERMENTADORES PRINCIPALES

Los equipos principales para llevar a cabo la reacción biológica serán dos tanques de 30 m³ que como se describió en el comienzo de este apartado en el apartado 4.2, trabajarán en semicontinuo para garantizar un caudal de producto bruto de 50 t/año.

Las condiciones de operación, serán las utilizadas anteriormente en los otros reactores:

P_{Fermentacion}	2	[atm]
T_{Fermentación}	30	[°C]
pH	7.0	[adim]

El pH se mantendrá antes se mantendrá a 7.0 gracias al uso de disoluciones de KOH y HCl.

La Temperatura de entrada al reactor será de 120°C, pero será necesario atemperarlo a 30 °C antes de inocular el microorganismo desde las unidades previas, para ello se utilizara una unidad de intercambio de calor que será descrita posteriormente en el apartado 4.1.1.

La alimentación de los equipos será bastante parecida a la alimentada en los pre fermentadores previos, sustentando el sustrato necesario a partir de la sacarosa procedente de las melazas de la remolacha azucarera:

ALIMENTACIÓN				
				[Kg/Lote]
Sustrato				1464
Composición		Elementos	Volumen	[Kg/Lote]
53,0%		Sacarosa	-	775,8
16,5%		Agua	-	241,5
19,0%		Comp Nitrogenados	-	278,1
11,5%		Otros Óxidos	-	167,8
AGUA				24618
TRAZAS				111
Composición		Elementos	Volumen	[Kg/Lote]
67,38%		Urea	-	75
32,62%		Otros	-	36,30
	41%	K ₂ HPO ₄	-	15
	41%	KH ₂ PO ₄	-	15
	17%	MgSO ₄ ·7H ₂ O	-	6
		FeSO ₄ ·7H ₂ O	-	0,15
		MnSO ₄ ·H ₂ O	-	0,15
		thiamine HCl	-	0,0012
		Biotina	-	0,0260

Como se explicó previamente es de vital importancia mantener la composición de la biotina a un 1µg/L para evitar que un exceso o defecto de dicha sustancia inhiba al microorganismo de producir el ácido glutámico.

8.5.1 DISEÑO MECÁNICO

Ambos equipos estarán contruidos en acero inoxidable AISI 304, como en todos los equipos de pre fermentación.

En la industria bio-farmacéutica y alimentaria se recomienda el uso de aceros de tipo AISI 316 para procesos donde el uso de sustancias muy ácidas y altas temperaturas demandan un material muy resistente contra estos fenómenos, pero como en el presente proyecto de fin de carrera solo es necesaria una protección adecuada para disoluciones de ácidos y bases débiles y una protección a la corrosión intergranular básica, se utilizará el AISI 304.

Además el precio del acero AISI 316 es más elevado que el del AISI 304 abaratando los costes de construcción del equipo.

Durante el diseño mecánico del equipo, en el que se profundizara más en el apartado de “ANEXOS”, se obtuvieron las dimensiones del equipo que fueron calculadas según el código ASME DIV.VIII SEC. I en las condiciones más desfavorables posibles de operación:

ENVOLVENTE		
Temperatura de diseño , T_{dis}	120	[°C]
Presión Estatica, P_{estat}	46902	[Pa]
Presión de Operación, P_{op}	202650	[Pa]
Presión Total	249552	[Pa]
Tensión máxima permitida , S	138	[KN/m ²]
Diametro Interno , D_i	2,800	[m]
Diametro Externo , D_e	2,805	[m]
Espesor de la Envolvente , t_{env}	0,005	[m]

Tanto los fondos como la cabeza del recipiente serán de tipo torisferico ya que es el recomendado para nuestras condiciones de operación al mantener una esbeltez (K) menor de 10, Soportar una presión de diseño menor a 700 KPa y una Temperatura de diseño menor a 350 °C:

FONDO		
Temperatura de diseño , T_{dis}	120	[°C]
Presión Estática, P_{estat}	53305	[Pa]
Presión de Operación, P_{op}	101325	[Pa]
Presión Total	281551	[Pa]
Tensión máxima permitida , S	138	[KN/m ²]
Diametro Interno , D_i	2,800	[m]
Diametro Externo , D_e	2,8105	[m]
Espesor de la Envolvente , t_{env}	0,0105	[m]

CABEZA		
Temperatura de diseño , T_{dis}	120	[°C]
Presión Estática, P_{estat}	0	[Pa]
Presión de Operación, P_{op}	101325	[Pa]
Presión Total	222915	[Pa]
Tensión máxima permitida , S	138	[KN/m ²]
Diametro Interno , D_i	2,80	[m]
Diametro Externo , D_e	2,81	[m]
Espesor de la Envolvente , t_{env}	0,01	[m]

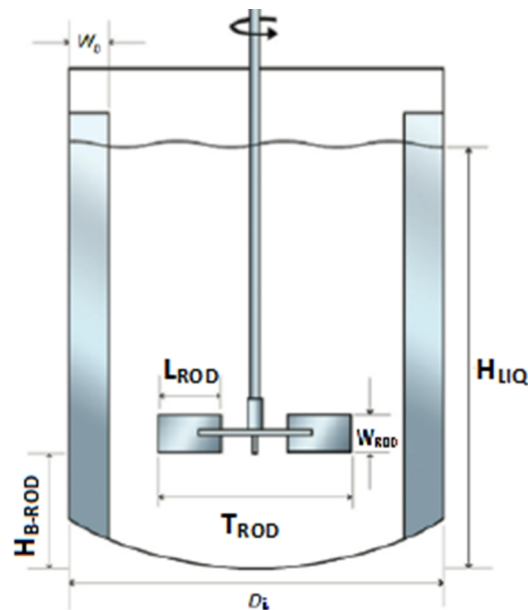
PESO		
PESO DE CABEZAS , $M_{CABEZAS}$	272,9	[Kg]
PESO DE FONDO, M_{FONDO}	272,9	[Kg]
PESO ENVOLVENTE , M_{ENV}	996,5	[Kg]
PESO TOTAL EQUIPO VACIO, $M_{TOT.VACIO}$	1542,4	[Kg]
PESO EN OPERACIÓN, M_{TOT}	27827,9	[Kg]

DIMENSIONES EXTERNAS		
Altura Total Reactor , H_{reac}	6,59	[m]
Volumen Total, V_{reac}	30,2	[m ³]
Altura Fondo, H_{fondo}	0,57	[m]
Altura Cabeza , H_{cabeza}	0,57	[m]
Altura Envolvente , H_{env}	4,20	[m]
Volumen Fondo , V_{fondo}	2,16	[m ³]
Volumen Cabezas , V_{cabeza}	2,16	[m ³]
Altura de los soportes, H_{col}	1,25	[m]
Nº de soportes	4	[columnas]

Para el cálculo de las dimensiones internas de los reactores, se utilizó un libro de consulta previamente mencionado, “P.M. Doran, *Bioprocess Engineering Principles*, Elsevier Science & Technology Books, Ed. 1995”.

Los datos expuestos se expondrán de una forma más detallada en el documento de “ANEXOS”.

DIMENSIONES INTERNAS		
Diametro interno de la envoltente, D_i	6,59	[m]
Diametro del Rodete, T_{ROD}	30,2	[m ³]
Altura del líquido, H_{LIQ}	0,57	[m]
Ancho del panel delfectante, W_D	0,57	[m]
Logitud de aleta de Rodete, L_{ROD}	4,20	[m]
Ancho de aleta, W_{ROD}	2,16	[m ³]
Altura de la base hasta el Rodete, H_{B-ROD}	2,16	[m ³]



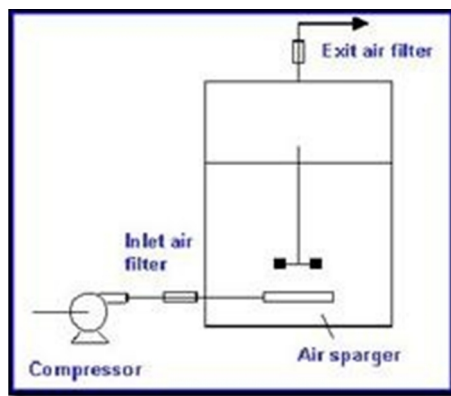
8.5.2 AIREACIÓN Y AGITACIÓN:

Para agitar el medio se ha calculado que será necesario un motor con una potencia de al menos 90.5 KW así que se utilizará un motor con una potencia de 100 KW y que trabajará a una velocidad de 16 rpm, los impulsores o rodets serán una de tipo “Turbina Rushton” y se utilizarán dos para mejorar las distribución de oxígeno en el medio ya que el volumen del tanque es muy grande.



Aunque la densidad y viscosidad del medio de estudio son muy parecidas a las del agua dado que al ser una bacteria el medio no se vuelve ni más viscoso ni más denso a lo largo del proceso esto facilita bastante el mantenimiento y la operatividad del equipo.

Aunque el Volumen total de nuestro equipo de es de 30 m³ el volumen de líquido en su interior será menor, ocupando 26 m³ y dejando 14% libre para el Aire que se alimenta desde la parte inferior del reactor, corriente que irá abandonando el recipiente por la parte superior.



Al igual que en equipos anteriores , mediante la Ley de Henry se pudo obtener que la concentración de saturación del oxígeno para el caso de estudio será de 7,9 mg O₂/L, es decir, la concentración necesaria será de 2,4 mg O₂/L, (0,3*7.9 mg O₂/L).

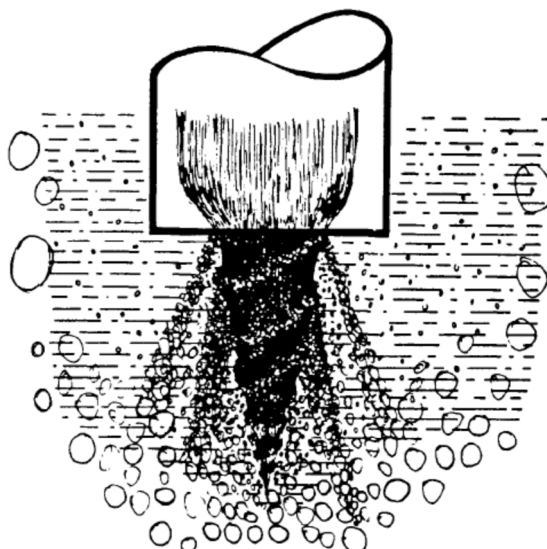


Ilustración I - Entrada de aire al reactor

Así pues, el caudal de Aire que se alimentará al medio será de $0,4 \text{ m}^3/\text{s}$ y entrará a condiciones ambientales (20°C) y 1 atm, a su vez, la corriente estará de aire que alimente el reactor estará compuesta por:

Entrada Aire		
N2	1394,02	[Kg/s]
O2	370,56	[Kg/s]
TOTAL	1764,58	[Kg/s]

Tabla 1 Entrada de Aire

El aire será comprimido se hará pasar por un filtro de membrana antes de ser introducido al reactor, para evitar introducir otros microorganismos que compitan por el sustrato.

8.5.3 TEMPERATURA DE OPERACIÓN

Durante la reacción biológica también se generará un calor metabólico procedente del microorganismo que se necesitará retirar para mantener la temperatura del caldo fermentativo constante durante todo el proceso.

En estos casos suele usarse un serpentín o un encamisado para el reactor alimentado con agua refrigerante.

Dado el tamaño de las unidades principales ($V= 30 \text{ m}^3$) no se puede elegir utilizar un encamisado del recipiente que suele ser lo ideal ya no es necesario introducir ningún otro equipo en el interior del reactor.

Aplicando un balance de energía al reactor se obtuvo la siguiente ecuación:

$$Q_{acc} = Q_{met} + Q_{ag} + Q_{gas} - Q_{exch} - Q_{evap} - Q_{sen}$$

Donde a continuación se detallarán cada uno de los términos:

1.-Calor acumulado en el Sistema (Q_{acc}):

Parámetro de acumulación en el balance de energía, en función de su valor sabremos si la temperatura se mantendrá constante ($Q_{acc}=0$) si la temperatura en el interior del bioreactor aumentará con el tiempo ($Q_{acc}>0$) o si en cambio se producirá un enfriamiento de este ($Q_{acc}<0$).

Obviamente nuestro interés se centra en que no se acumule más calor del que necesitamos en el interior del Reactor, por tanto:

$$Q_{acc} = 0 \quad \frac{J}{Kg \cdot K}$$

2.-Calor generado debido al metabolismo (Q_{met}):

El calor metabólico es un parámetro muy importante a tener en cuenta en el diseño de los reactores biológicos o fermentadores.

Generalmente este parámetro tiene un valor bastante elevado, de entre 8 y 15 [Kcal/L·h] por cada litro de reactor, teniendo en cuenta que nuestros reactores son de 30 m^3 (30000L) y que a su vez, la mayoría de los procesos biológicos se refrigeran con agua a temperaturas de entre 5 y 10 [°C], no hace falta explicar la importancia de la eliminación del calor producido por esta fuente.

Para el cálculo de este parámetro es necesario conocer el cambio de entalpia en el sistema dada la reacción biológica, esta expresión viene dada por:

$$\Delta H = \sum_{i(\overline{\text{productos}})} n_i - \Delta H_{c_i} - \sum_{j(\overline{\text{reactivos}})} n_j (-\Delta H_{c_j})$$

Donde “n” es el número de moles de los reactivos o productos y “ΔH” es la entalpia de combustión por mol.

Por tanto la expresión del calor metabólico vendrá dada por:

$$Q_{met} = -\Delta H$$

$$\Delta H = \sum_{i(\overline{\text{productos}})} n_i - \Delta H_{c_i} - \sum_{j(\overline{\text{reactivos}})} n_j (-\Delta H_{c_j})$$

$$Q_{met} = \sum_{j(\overline{\text{reactivos}})} n_j (-\Delta H_{c_j}) - \sum_{i(\overline{\text{productos}})} n_i - \Delta H_{c_i}$$

Además sabiendo que la entalpia de combustión puede expresarse como:

$$-\Delta H_{c_i} \approx \frac{-\Delta H_{c_i}}{\gamma^*} \cdot \gamma^*$$

Donde γ^* es el grado de reducción referido al N_2 .

Por tanto podemos expresar la ecuación anterior como:

$$Q_{met} = \sum_{j(\overline{\text{reactivos}})} n_j (\gamma_j^*) - \sum_{i(\overline{\text{productos}})} n_i \gamma_i^* \cdot \frac{-\Delta H_{c_i}}{\gamma^*} \frac{KJ}{mol - C}$$

Finalmente, realizando el Balance de electrones al sistema:

$$\gamma_s - 4 \cdot b = \gamma_b \cdot y_b + \gamma_p \cdot y_p$$

Despejando las γ :

$$4 \cdot b = \gamma_s - (\gamma_b \cdot y_b + \gamma_p \cdot y_p)$$

Considerando la aproximación $\gamma = \gamma^*$;

$$\sum_{j(\overline{\text{reactivos}})} n_j(\gamma_j^*) - \sum_{i(\overline{\text{productos}})} n_i \gamma_i^* = 4 \cdot b$$

$$Q_{met} = 4 \cdot \frac{-\Delta H_c}{\gamma^*} \frac{KJ}{mol - C} \cdot b$$

Es necesario seleccionar unos valores de entalpia de combustión tabulados adecuados para procesos biológicos, aunque a priori no haya mucha diferencia con los datos habituales para procesos químicos es recomendable hacer dicha distinción.

Estos datos se han obtenido de la bibliografía, del libro: “Handbook of Chemistry and Physics: Heat of Combustion”;

Table 4.3 Heat of combustion for various compounds at standard conditions (pH 7, liquid water, CO₂ (dissolved and dissociated in H₂O to HCO₃¹⁻), H₂SO₄ (dissociated, infinite dilution), N₂)

Compound	Formula	Degree of reduction (κ) per carbon	$-\Delta H_c^0$ (kJ/mole)	$-\Delta H_c^0$ (kJ/C-mole)	$-\Delta H_c^0/\kappa$ (kJ/C-mole)
Sucrose	C ₁₂ H ₂₂ O ₁₁	4	5,644	470	117.5
Lactose	C ₁₂ H ₂₂ O ₁₁	4	5,651	471	117.8
Hydrogen	H ₂	2	286		(143.0)
Methane	(CH ₄) _g	8	890	890	121.2
Ethane	(C ₂ H ₆) _g	7	1,560	780	113.8
Propane	(C ₃ H ₈) _g	6.67	2,220	740	112.2
Methanol	CH ₄ O	6	727	727	111.5
Ethanol	C ₂ H ₆ O	6	1,367	683	118.0
iso-Propanol	C ₃ H ₈ O	6	2,020	673	118.6
n-Butanol	C ₄ H ₁₀ O	6	2,676	669	112.0
Ethylene glycol	C ₂ H ₆ O ₂	5	1,179	590	142.8
Glycerol	C ₃ H ₈ O ₃	4.67	1,661	554	116.6
Acetone	C ₃ H ₆ O	5.33	1,790	597	105.3
Formaldehyde	(CH ₂ O) _g	4	571	571	127.7
Acetaldehyde	C ₂ H ₄ O	5	1,166	583	113.7
Urea	CH ₄ ON ₂	6	632	632	105.3
Ammonia	(NH ₃) _g	3	383		(127.7)
Hydrogen sulfide	(H ₂ S) _g	8	909		(113.6)
Biomass	CH _{1.8} O _{0.5} N _{0.2}	4.80	560	560	116.7

Concentration is 1 M for each reactant, except 10⁻⁷ M for [H⁺]

Finalmente, a partir de los calores de combustión de los reactivos y productos y mediante la estequiometría de la reacción ajustada previamente se calculó un calor metabólico igual a 2,75 W/Lote un calor metabólico bastante bajo para procesos de este tipo.

3.-Calor generado por la agitación mecánica (Q_{ag}):

Este parámetro contabiliza la contribución energética debida a la agitación del medio en el interior del reactor.

Para la mayoría de procesos su valor se encuentra entre 0,8 – 2,5 [Kcal/L·h].

Existen diversas formas para estimarlo, pero la más extendida es suponer que su valor es aproximadamente un 10% del valor del calor metabólico.

$$Q_{ag} = 0,1 \cdot Q_{met} = 0,275 \text{ W/Lote}$$

4.- Calor generado por la alimentación de aire al reactor (Q_{gas}):

Este parámetro suele determinarse considerando la energía asociada con la expansión isotérmica del gas dentro del recipiente, no obstante podemos considerar que el calor generado es reabsorbido en su mayoría por las burbujas en expansión dentro del reactor, por lo tanto se desprecia.

$$Q_{gas} \approx 0 \frac{J}{Kg \cdot K}$$

5.- Calor intercambiado con los alrededores y/o con el/los intercambiadores de calor (Q_{exch}):

Es el parámetro más relevante que necesitamos conocer, mediante el podremos relacionar el calor acumulado con el área necesaria de intercambio para eliminarlo, parámetro de diseño del serpentín.

Su valor se calcula mediante la siguiente analogía:

$$Q_{exch} = U \cdot A \cdot \Delta T$$

Donde A es el área de intercambio de calor [m^2], U es el coeficiente global de transferencia de calor [$J/Kg \cdot K$] ó [$cal/Kg \cdot K$] e ΔT el incremento de temperatura [K o $^{\circ}C$].

6.-La Pérdida de calor por evaporación (Q_{evap}):

En algunos procesos fermentativos puede tener un valor significativo, produciendo pérdidas de volumen de fermentación.

Para minimizar este tipo de pérdidas se recomienda:

- El uso de aire saturado.
- El uso de un condensador a la salida (para procesos a pequeña escala).

7.-Las Pérdidas de calor sensible por las corrientes de alimentación y salida (Q_{sen}):

Se ha comprobado que este tipo de pérdidas pueden despreciarse si las corrientes entran y salen a la temperatura del bioreactor, no obstante como en nuestro proceso la corriente procede de un tanque de almacenamiento que se encuentra a temperatura ambiente, esta aproximación no será posible.

El valor de estas pérdidas se puede calcular según la siguiente analogía:

$$Q_{sen} = F \cdot \rho \cdot c_p \cdot \Delta T$$

$$Q_{sen} = Q_{sen_{sal}} - Q_{sen_{ent}}$$

Donde F es el caudal volumétrico de cada corriente [L/h o m³/h], ρ es la densidad de cada corriente [Kg/m³], C_p es el calor específico [J/Kg·K] ó [J/mol·K] y ΔT [K].

Las pérdidas de calor sensible alcanzan un valor de 276,91 W.

Conclusión del diseño

Tras la evaluación de todos los parámetros sustituyendo los valores en el balance se obtiene un calor intercambiado total (Q_{EXCH}) de 363,91 W/Lote que se refrigerarán con un serpentín que ofrezca un área de intercambio de 5,44 m² en cada uno de los fermentadores.

El agua entrará a una temperatura de 25 °C y necesitará un caudal de 0,7 L/s.

El serpentín estará construido en AISI 304 ya que las condiciones de operación no son muy corrosivas ni intervienen sustancias corrosivas en la reacción.

8.5.4 ESTERILIZACIÓN

Tras cada lote, el reactor y las válvulas necesitarán ser esterilizado para eliminar los restos celulares de la fermentación.

Para este proceso se utilizara una corriente de calor húmedo a 121 °C y 1 atm.

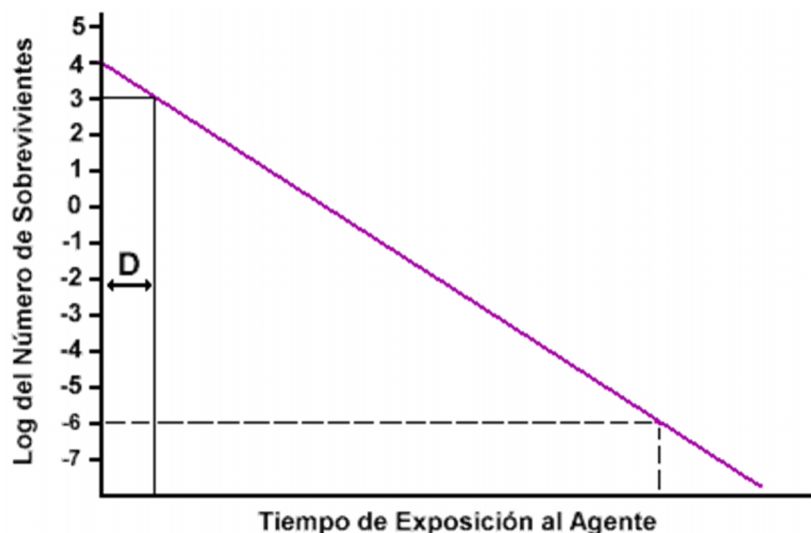
Este método presenta sus ventajas y sus inconvenientes, que a continuación destacaremos:

Ventajas

- Ofrece un rápido calentamiento y penetración
- Destrucción de bacterias y esporas en corto tiempo
- No deja residuos tóxicos
- Hay un bajo deterioro de los equipos
- Es económico

Desventajas

- No permite esterilizar soluciones que formen emulsiones con el agua
- Es corrosivo sobre ciertos instrumentos metálicos



Para calcular el tiempo de esterilización se utilizó la siguiente ecuación:

$$N = N_0 \cdot 10^{-k_M \cdot T}$$

Sabiendo que:

$$D = \frac{\ln(10)}{k_M}$$

Obtenemos:

$$\text{Log} \left(\frac{N}{N_0} \right) = -\frac{T}{D}$$

Dónde:

- **N, número de células tras la esterilización.**
- **N₀, cantidad inicial del células tras la fermentación.**
- **D, Tiempo de reducción decimal**
- **T, Tiempo de operación**
- **k_M, Constante cinética de muerte**

Tras el cálculo, obtenemos un tiempo de exposición de 27,4 min (30 min) a 121°C y 1 atm.

9 UP-STREAM PROCESSING

En este apartado se describirán los procesos que se encuentran antes de la reacción biológica, la preparación del medio y su esterilización.

En cada etapa se utilizarán al menos dos equipos por operación unitaria, para mantener la producción sin tener que realizar paradas por mantenimiento u otros contratiempos.

9.1 FILTRACIÓN

En el presente proyecto de fin de carrera se harán varias operaciones de filtración, para separar las impurezas de los líquidos y de los gases de entrada al reactor. Tras la fermentación también se llevara a cabo una filtración para eliminar el contenido celular o micelio.

9.1.1 FILTRACIÓN DE LAS MELAZAS

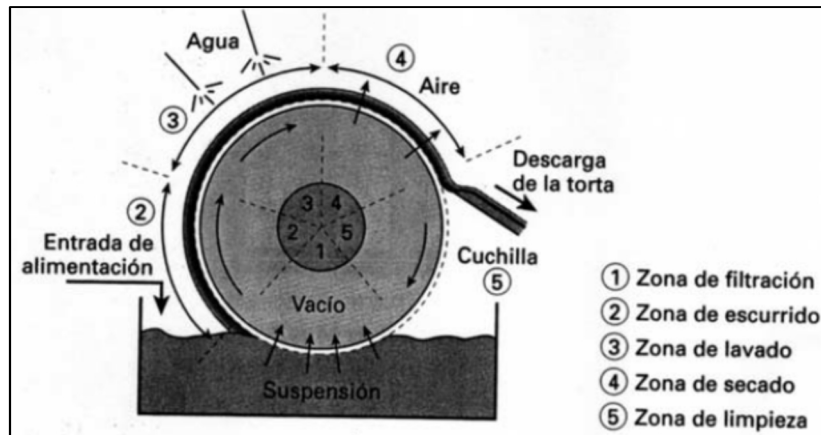
Para esta etapa del proceso se utilizaran filtro a vacío de tambor rotatorios , el uso de estos equipos está especialmente recomendados para trabajar a gran escala con una área de filtrado promedio de hasta 1000 ft²(92m²), su ventaja reside en que trabajan en continuo y a presiones bajas(para succionar el filtrado) y de que son relativamente poco espaciosos.

El equipo está compuesto por un cilindro hueco cuya superficie lateral está cubierta por una maya metálica gruesa seguida por una tela filtrante

La etapa de filtración se divide en tres etapas: Filtración, lavado y descarga de la torta filtrada.

En la filtración la mezcla con los sólidos en suspensión es absorbida por la succión del cilindro, dejando en la superficie los sólidos a filtrar que conforman la torta mientras que el líquido atraviesa la maya y pasa al interior donde es dirigido hacia la siguiente etapa.

Los sólidos, en nuestro caso residuos de las melazas son lavados con agua y secados antes de ser retirados de la superficie del filtro gracias a una cuchilla.

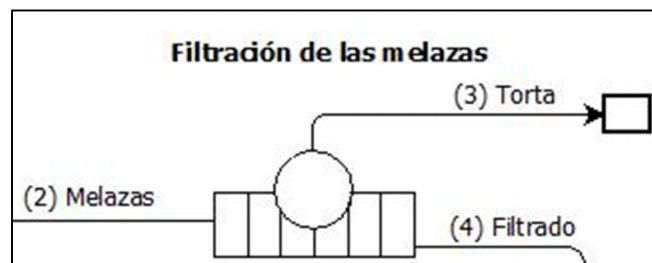


El tejido filtrante será de poliamida de nylon por ser fácil de limpiar, no tener un precio demasiado elevado, ser resistente química y térmicamente y además soporta grandes tensiones sin romperse.

En el caso de nuestro filtro será necesario un filtro de $44,2\text{m}^2$, así que se utilizará uno de $45\text{-}50\text{ m}^2$. Los cálculos de diseño se expondrán más tarde en el documento de los "ANEXOS".

En estos equipos se debe de tener en cuenta la caída de presión que produzca en el proceso, la obturación de la superficie filtrante a lo largo del proceso ya que, considerando que trabajaremos a caudal constante, a medida que se da la operación el filtro necesitara una presión más baja para continuar succionando el líquido con la misma efectividad consiguiendo superar la resistencia de la torta.

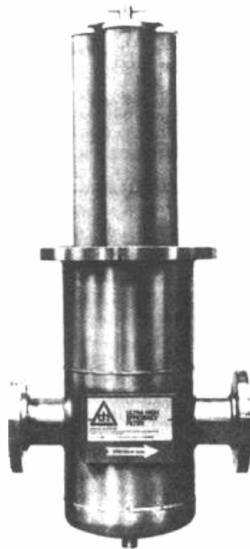
Asegurarse de que la torta se descarga completamente, ya que si quedan muchos residuos esto podría dificultar la operación e incluso concluir en una avería del equipo.



9.1.2 FILTRACIÓN DE AIRE DE ENTRADA

La preparación de la corriente de aire estéril que entre al reactor es esencial para el correcto funcionamiento del reactor, es por ello que se necesita emplear un equipo de filtración para eliminar cualquier resto de humedad que se contenga en el aire tras la compresión, en las plantas industriales se mantiene un porcentaje de humedad relativa en estas corrientes del 85% , además de los residuos como el polvo y otras partículas en suspensión de un diámetro de hasta $0,2\ \mu\text{m}$ ofreciendo un 99,9% de eliminación.

Para esta operación se utilizaran filtros para aire comprimido de membrana microporosa de poliamida de $0,2\ \mu\text{m}$ en forma de “cartuchos” ya que tiene un tamaño relativamente pequeño y son económicos.



Las carcasas de estos equipos son hidrofóbicas, por tanto se pueden esterilizar con vapor.

Suelen acompañarse de un pre-filtro así organizando una batería de filtros con distinto tamaño de poro para ser capaces de eliminar partículas de todos los tamaños.

Los parámetros de diseño para estos equipos son el caudal de entrada y pérdida de carga generada por la batería de filtros.

En nuestro caso será necesaria una combinación de filtros que no generen una pérdida de carga que tenga alguna repercusión en nuestro

sistema y que soporte un caudal equivalente al de entrada a los reactores principales, es decir:

Entrada Aire (A)		
N2	1394,02	[Kg/h]
O2	370,56	[Kg/h]
TOTAL	1764,58	[Kg/h]

9.2 ESTERILIZACIÓN

El medio de cultivo donde se inoculará el *Corynebacterium glutamicum* posee una gran variedad de células y de otros residuos y compuestos que deben ser eliminadas antes de realizar la inoculación. Para ello se utilizará como agente esterilizante el calor, ya que un agente químico podría alterar la composición del medio.

Los métodos más usados industrialmente para la esterilización son: los intercambiadores de calor y la inyección de vapor.

En el primero el medio de cultivo pasa a través de un intercambiador de calor de placas que eleva la temperatura a 121°C durante unos minutos para eliminar los microorganismos.

En la segunda se inyecta vapor a 120°C en la disolución de nutrientes durante varios minutos.

La ventaja de usar intercambiadores es que el calor utilizado se recupera en un 90%, haciéndolos muy efectivos energéticamente, sin embargo, se suelen formar precipitados e incrustaciones que disminuyen el rendimiento de la unidad con el tiempo, aumentando las operaciones de mantenimiento y complicando el control del proceso.

El método que se utilizará será el de inyectar vapor a 120°C procedente de una caldera a través de la línea de aireación a la disolución de melazas y otros nutrientes cargada en el reactor.

El vapor mantendrá la disolución de nutrientes a 100°C durante unos 25 minutos, así se conseguirá, además de esterilizar el medio de cultivo, esterilizar el interior del reactor.

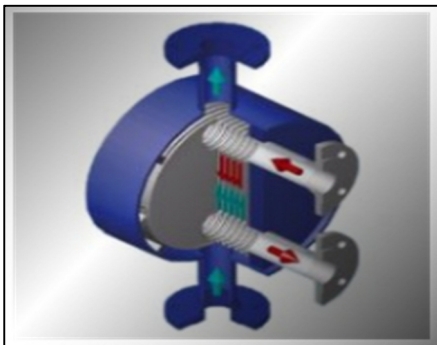
La inyección de vapor también conlleva un aumento de la dilución de la corriente de alimentación diluyendo las melazas de un 7% a un 6 %, esto tendrá que ser contabilizado a la hora de alimentar el reactor para no sobre diluir el sustrato.

9.3 ATEMPERAMIENTO DE LA ALIMENTACIÓN:

Tras la esterilización, será necesario atemperar la corriente hasta una temperatura de 30 °C, antes de introducirla en el reactor.

Para atemperar la corriente de entrada al reactor, utilizaremos un equipo de Intercambio de calor, como se especificó previamente en este apartado.

El material de la carcasa será AISI 316, por especificación del fabricante y está preparado para poder utilizarse en situaciones altamente corrosivas y a altas temperaturas, los platos sin embargo están fabricados en AISI 316 L una aleación parecida a la de la carcasa pero con la ventaja de ser capaz de ofrecer una resistencia a la corrosión intergranular más elevada.



El calor sensible de la corriente de alimentación procedente de la previa esterilización del medio se estimó en $Q_{SEN} = 205,9 \text{KW}$, por tanto no se podrá depender únicamente de un serpentín interno para atemperar la corriente de entrada así que se utilizará un intercambiador de calor.

Esta unidad de intercambio de calor será un intercambiador de placas, un tipo de intercambiador parecida a los intercambiadores tubulares de carcasa y tubos.

La diferencia y principal ventaja de estos equipos es que ofrecen un área de intercambio mucho mayor ya que utilizan placas en lugar de tubos y son capaces de soportar una presión desde vacío hasta 150 bar y unas temperaturas desde -165°C hasta 900°C , por lo tanto cumple con los requisitos del proceso.

El área de intercambio necesaria es de 880 m^2 , valor más que aceptable ya que estos equipos son capaces de ofrecer un área de intercambio de hasta 2000 m^2 ;

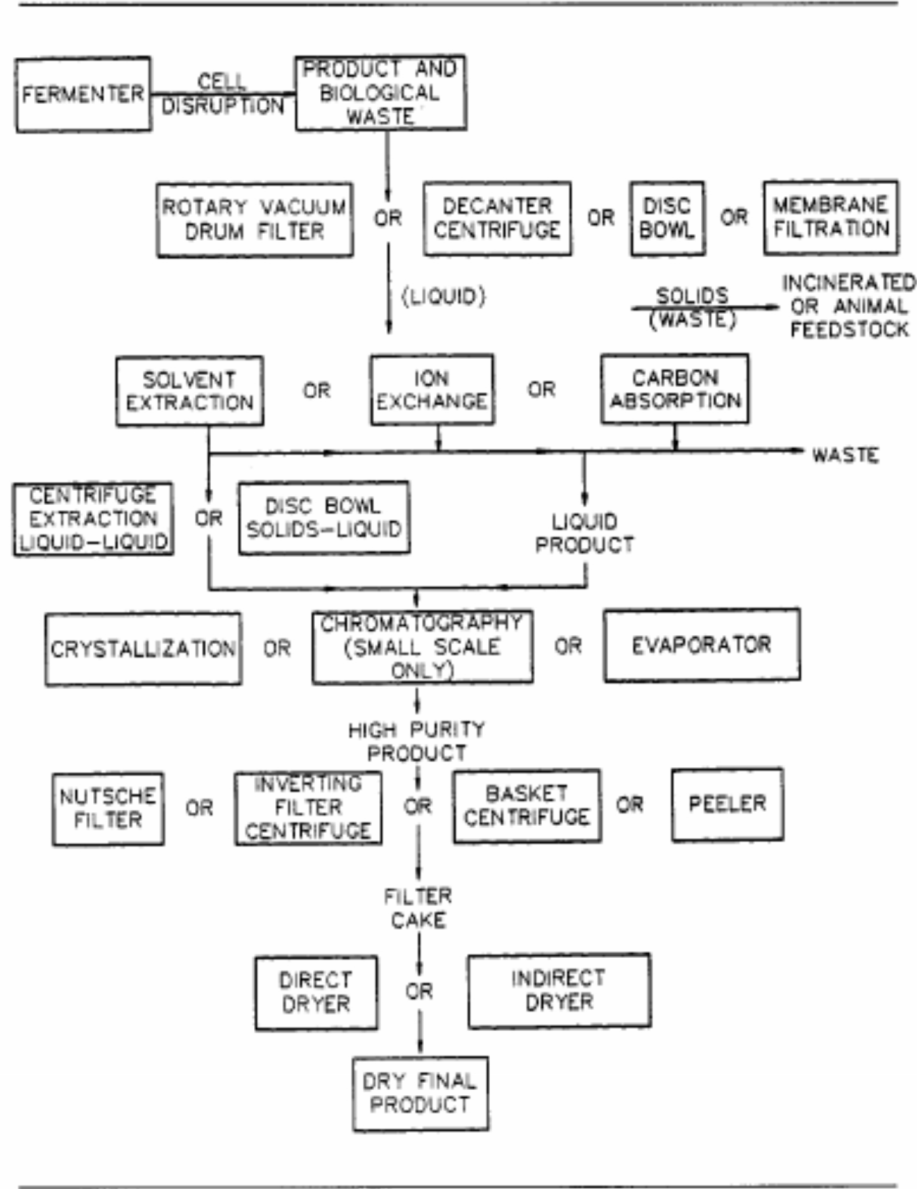
Los cálculos correspondientes al número de platos y al área de intercambio, al igual que el calor de intercambio serán más tarde especificados en el documento de "ANEXOS".

10 DOWN-STREAM PROCESSING

En esta etapa del proceso se llevarán a cabo operaciones que recuperen, concentren y purifiquen el producto de interés (ácido L-glutámico) de la corriente líquida que procede de la fermentación.

Recurriendo a la bibliografía se utilizarón las etapas más acordes a la naturaleza del proceso para purificar el producto.

Table 1. Product Recovery Fermentation



Como podemos comprobar en el esquema superior, una vez acabada la fermentación, es necesaria una filtración del contenido celular (donde se recurrirá a un filtro rotatorio a vacío) y posteriormente la separación de los compuestos químicos disueltos en el medio filtrado se lleva a cabo gracias a la columna de intercambio iónico.

La etapa de purificación del proceso continuará con una unidad de cristalización donde la corriente líquida se concentra hasta conseguir que el producto cristalice pudiendo así separarlo físicamente mediante un filtro centrífugo continuo tras el cual la corriente de agua se desvía a una unidad de tratamiento de aguas residuales para eliminar todo residuo restante de la fermentación antes de ser vertida a la red.

Finalmente la corriente sólida conformada ya por los cristales de ácido glutámico húmedos se introduce en una unidad de secado para conseguir el producto final que se comercializará en forma de polvo.

En cada etapa se utilizarán al menos dos equipos por operación unitaria, para mantener la producción sin tener que realizar paradas por mantenimiento u otros contratiempos.

10.1 FILTRACIÓN

10.1.1 FILTRACIÓN DE LA BIOMASA

La corriente de salida del reactor contiene el caldo fermentativo junto con los restos procedentes de la lisis celular.

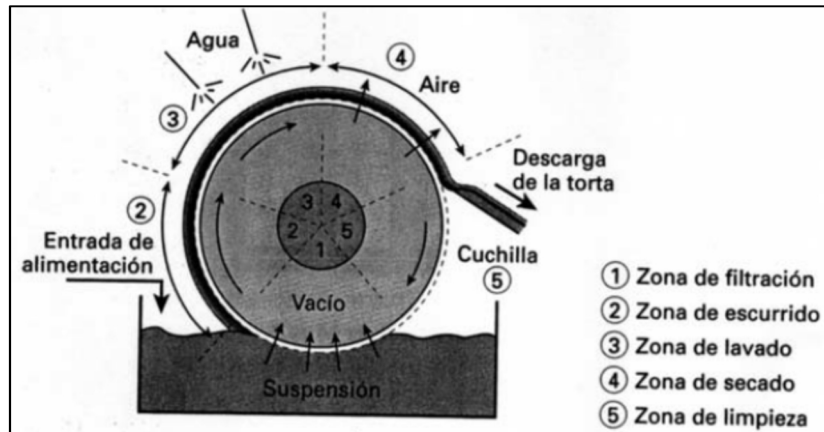
Estos equipos, como antes se especificó tienen grandes ventajas a la hora de operar a escala industrial, entre ellas se destacan poder trabajar con una área de filtrado promedio de hasta 1000 ft² (92m²), su ventaja reside en que trabajan en continuo y a presiones bajas (para succionar el filtrado) y de que son relativamente poco espaciosos.

Está compuesto por un cilindro hueco cuya superficie lateral está cubierta por una maya metálica gruesa seguida por una tela filtrante.

La etapa de filtración se divide en tres etapas: Filtración, lavado y descarga de la torta filtrada.

En la filtración la mezcla con los sólidos en suspensión es absorbida por la succión del cilindro, dejando en la superficie los sólidos a filtrar que conforman la torta mientras que el líquido atraviesa la maya y pasa al interior donde es dirigido hacia la siguiente etapa.

Los sólidos, en nuestro caso residuos de las melazas son lavados con agua y secados antes de ser retirados de la superficie del filtro gracias a una cuchilla.



El tejido filtrante será de poliamida de nylon por ser fácil de limpiar, no tener un precio demasiado elevado, ser resistente química y térmicamente y además soporta grandes tensiones sin romperse.

Para eliminar el contenido celular de esta corriente se utilizara una unidad de filtro rotatorio a vacío con un área neta de 25 m² (calculados 23,7 m²).

La justificación de el “área de filtrado” se hará en el documento de “ANEXOS”.

10.1.2 FILTRACIÓN DE GASES DE SALIDA

Los gases procedentes de la fermentación también necesitarán ser filtrados, para eliminar productos químicos y otros residuos que pueda haber recogido la corriente antes de ser liberados.

En este caso también utilizaremos un filtro de membrana con tejido de poliamida, su diámetro de poro será también de 0,2 μm .

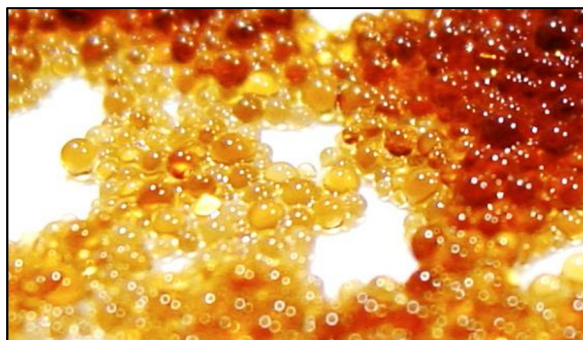
Y el caudal será:

Gases de Salida (G)		
N2	1394,02	[Kg/h]
O2	18,53	[Kg/h]
CO2	352,03	[Kg/h]
TOTAL	1764,58	[Kg/h]

Tras la filtración, los gases serán llevados a unidad de tratamiento con ozono para eliminar cualquier contenido procedente de la fermentación que suponga un peligro biológico.

10.2 COLUMNA DE INTERCAMBIO IÓNICO

Estos equipos suelen utilizarse mucho en el sector bio farmacéutico y en general en todos los procesos en los que interviene una reacción biológica y se necesite concentrar algún producto valioso, en el caso de que se tenga una mezcla de amino ácidos y se quiera separar uno de otros o cuando se necesita separar un compuesto tóxico de este tipo de mezclas.



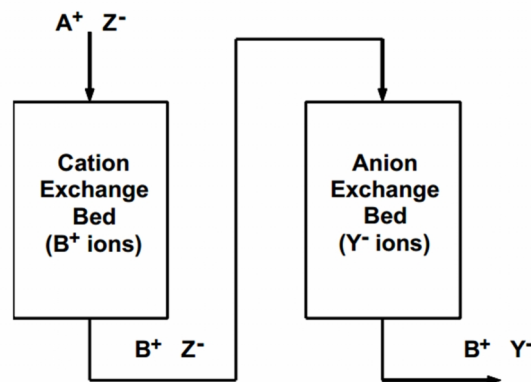
Este tipo de operación de separación líquido- líquido se realiza gracias a resinas de intercambio iónico, estas resinas tienen forma de perlas y

se introducen en columnas creando de esta manera lechos a través de los cuales se introducen la mezcla a separar.

En dicho lecho se crean gradientes de concentración quedando un componente más adherido a las “perlas de resina” y otro menos, esto hace que al introducir a la vez la disolución una parte de ella salga antes que la otra pudiendo así separarse.

Basando la operación de intercambio iónico en la patente utilizada por Matasami Tanaka , Yoshiatsu Aoki y Maebashi-shi de la empresa japonés Shinshin Food en su Patente :*“Recovery of Glutamic from fermentati’on broth using catión exange resins”*. Se emplearán una operación de intercambio iónico en dos etapas:

Two-Stage Ion Exchange Operation



En la primera etapa tiene una resina catiónica como objetivo eliminar únicamente la gran cantidad de cationes que se generan en el proceso fermentativo como son amonio (NH_4^+) que se produce por la descomposición de la Urea en el medio u otros iones metálicos que añaden como nutrientes para garantizar la fermentación.

Una vez pasado el efluente de la primera etapa este se conduce a la segunda, que es una resina aniónica que retiene gran cantidad de ácido glutámico junto con pocos aniones, esto conduce a obtener una corriente mucho más concentrada en ácido glutámico que finalmente se eluye con una disolución de sosa caustica como agente desorbente.

El ácido glutámico actúa como un electrolito de tipo anfótero, es decir puede actuar tanto como ácido (hidrácido) como base por lo tanto al entrar en la segunda columna se queda totalmente retenido hasta ver su pH disminuido hasta su punto isoeléctrico, que es 3,2.

Esto quiere decir que mediante este proceso la mayoría de los aniones y cationes que contenga el ácido pueden ser absorbidos y eliminados.

Al final conseguimos una corriente igual a 5 veces la concentración inicial de ácido glutámico reduciendo así los costes de las operaciones sucesivas como la cristalización, ya que en ocasiones la solución esta tan concentrada en ácido glutámico que por las condiciones ambientales se comienzan a formar cristales.

La corriente de entrada y salida serán las siguientes:

ENTRADA		SALIDA	
Agua	2582,19	2448,95	[Kg/h]
L-Glut	26,90	26,90	[Kg/h]

El tipo de resinas que se utilizarán serán en el caso de la primera resina Catiónica la resina de tipo “Amberlite® IRC86 hydrogen form” y en el caso de la aniónica una de tipo “Amberlite® IR120 hydrogen form”.

La regeneración de los equipos se hará mediante una disolución de ácido clorhídrico en contracorriente.

Las columnas trabajan en continuo y se utilizarán dos equipos para poder hacer un mantenimiento del equipo cuando sea necesario.

10.3 CRISTALIZACIÓN

La Cristalización es una operación de separación y purificación muy importante en las empresas de bio farmacéuticas, químicas y alimentarias donde encontramos gran cantidad de productos que se distribuyen en forma de polvo cristalino.

La cristalización es una operación mediante la cual se pretenden concentrar las moléculas de un determinado compuesto en una mezcla líquida mediante una variación de temperaturas, primero calentando el caldo rico en el compuesto y agua y disminuyendo seguidamente la temperatura consiguiendo así la formación de los núcleos cristalinos.

Prioridades del Diseño

Las gráficas de Solubilidad de los compuestos en diferentes disolventes muestran siempre una zona de Saturación que se subdivide en tres regiones (la región meta estable, la región intermedia y la región lábil) y la zona donde no hay saturación.

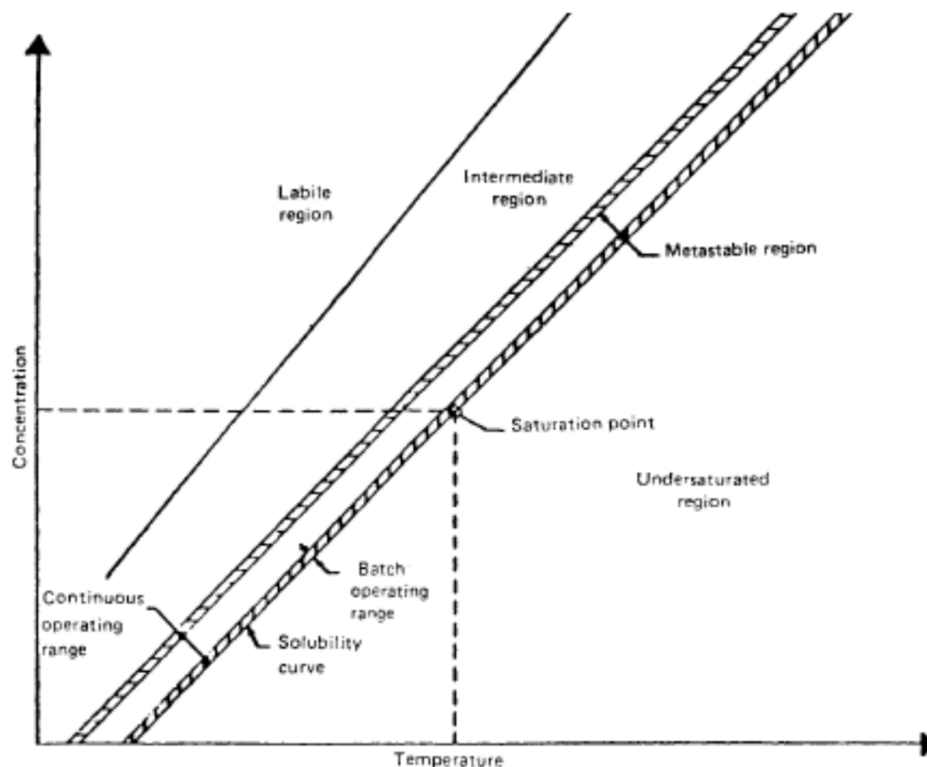


Figure 1. Solubility curve.

Cuando se desea diseñar un equipo de cristalización continua la variable que desea controlar es el grado de saturación en los límites

inferiores de la región intermedia ya que siempre se desea que una vez se haya formado un núcleo cristalino este último sea reemplazado por uno nuevo. También es necesario saber el tamaño de cristal deseado para saber cuándo un núcleo debe abandonar el proceso.

Los procesos de cristalización se dividen en tres etapas bien diferenciadas:

1. Saturación de la mezcla.
2. Nucleación de los cristales.
3. Crecimiento de los cristales hasta el tamaño deseado.

1. Formación de la solución saturada

Es la etapa más importante del proceso dado el controlar el grado de saturación de la disolución y por tanto la temperatura que necesita alcanzar es determinante para que pueda darse la nucleación de la forma adecuada.

Una vez la concentración de la mezcla se ha incrementado hasta el porcentaje deseado esa corriente se la denomina Licor madre.

2. Nucleación

Durante la nucleación es muy importante controlar la concentración del medio, situando el proceso en la zona meta estable, el caudal de entrada y por tanto el tiempo de retención ya que si se deja alimentar el equipo con nueva alimentación antes de alcanzar la concentración de nucleación se corre la formación de los cristales será mucho más lento pudiendo duplicar o triplicar el tiempo de operación.

Es también necesario no situar el proceso en la zona lábil ya que esto suele dar lugar a una excesiva cantidad de cristales en el medio, este fenómeno es conocido como nucleación secundaria, aunque la aparición de esta es generalmente bastante común ya que una colisión con las paredes del equipo o con otra molécula suele producirla.

Otros fenómenos que generan la nucleación secundaria son una excesiva agitación, la aparición de zonas “frías” o cuando se alcanza

una temperatura demasiado alta y el contenido del cristizador empieza a hervir.

3. Crecimiento de los cristales

Una vez el equipo alcanza la concentración deseada las colisiones entre las moléculas del compuesto origina el crecimiento de los cristales que van sucesivamente aumentando en tamaño hasta alcanzar el deseado, este tamaño se controla en función del tiempo de residencia.

El control más exhaustivo de este parámetro se realizará una vez la planta esté en funcionamiento

ELECCIÓN DEL EQUIPO

En el caso del presente proyecto de fin de carrera se utilizará para la cristalización del ácido glutámico necesitaremos un equipo de cristalización por enfriamiento vertical, continuo de una sola etapa con, estará construido en AISI 316 L, se trabajará a 55 °C alimentando la mezcla precalentada a 60 °C.

Una vez alimentado el equipo este equipo se mantiene a 55 °C, durante el proceso se hace pasar sucesivamente fracciones del caldo por un intercambiador de calor con agua de refrigeración a 38 °C, con esta variación de temperatura conseguimos que se comiencen a generar las nucleaciones que irán dando lugar a los cristales.

La cristalización por enfriamiento es el proceso recomendado para sustancias cuya solubilidad está altamente influenciada por la temperatura, como demuestran Nicholas C. S. Kea, Reginald B. H. y Richard D. Braatz en su artículo *"Selective Crystallization of the Metastable α -Form of L-Glutamic Acid using Concentration Feedback Control"*:

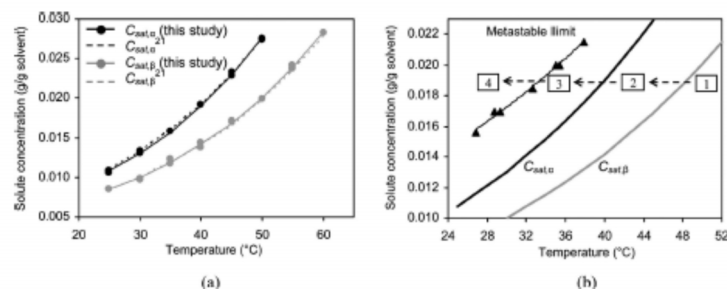


Figure 7. L-Glu acid solubility curves compared to (a) previously published data,²¹ (b) metastable limit for cooling rate at 0.4 °C/min.



Esta unidad estará alimentada por una corriente entrada compuesta por agua y ácido glutámico, en la salida encontraremos una corriente compuesta mayoritariamente por agua y por los cristales de ácido glutámico que se han formado, esta corriente se la conoce como Licor Madre.

ENTRADA		SALIDA	
Agua	2448,95	2448,95	[Kg/h]
L-Glu	26,90	14,79	[Kg/h]
Cristales	-	12,10	Kg/h

Como hemos obtenido bibliográficamente que el tiempo de retención para que se formen cristales de 0,15 mm de diámetro es de 8h , en este proceso se utilizarán 4 equipos de 10 m³ trabajando 3 en paralelo y uno se dejara para poder realizar paradas de mantenimiento, sin detener la producción.

El rendimiento de los cristales es del 45% , obtenido mediante la curva de solubilidad procedente de las gráficas del artículo previamente mencionado:

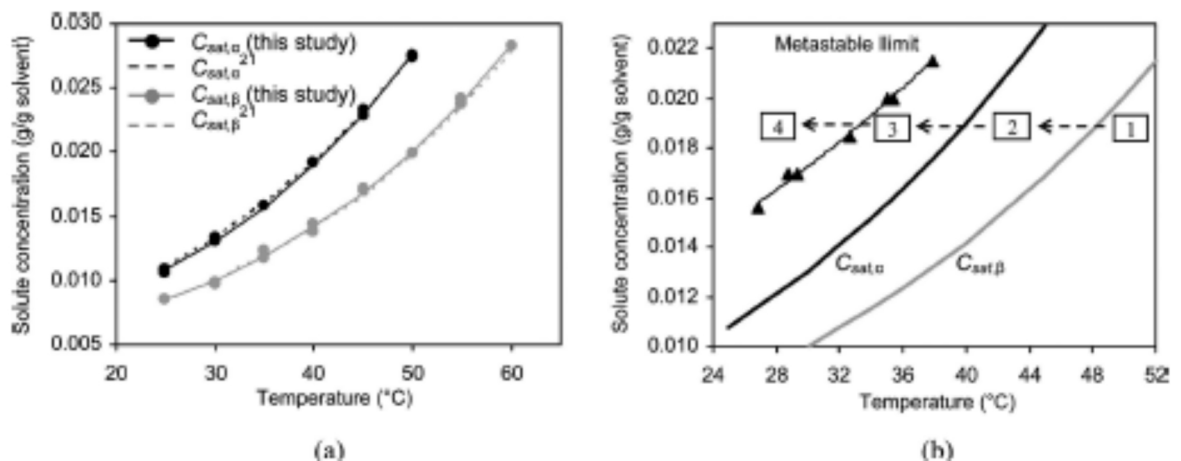
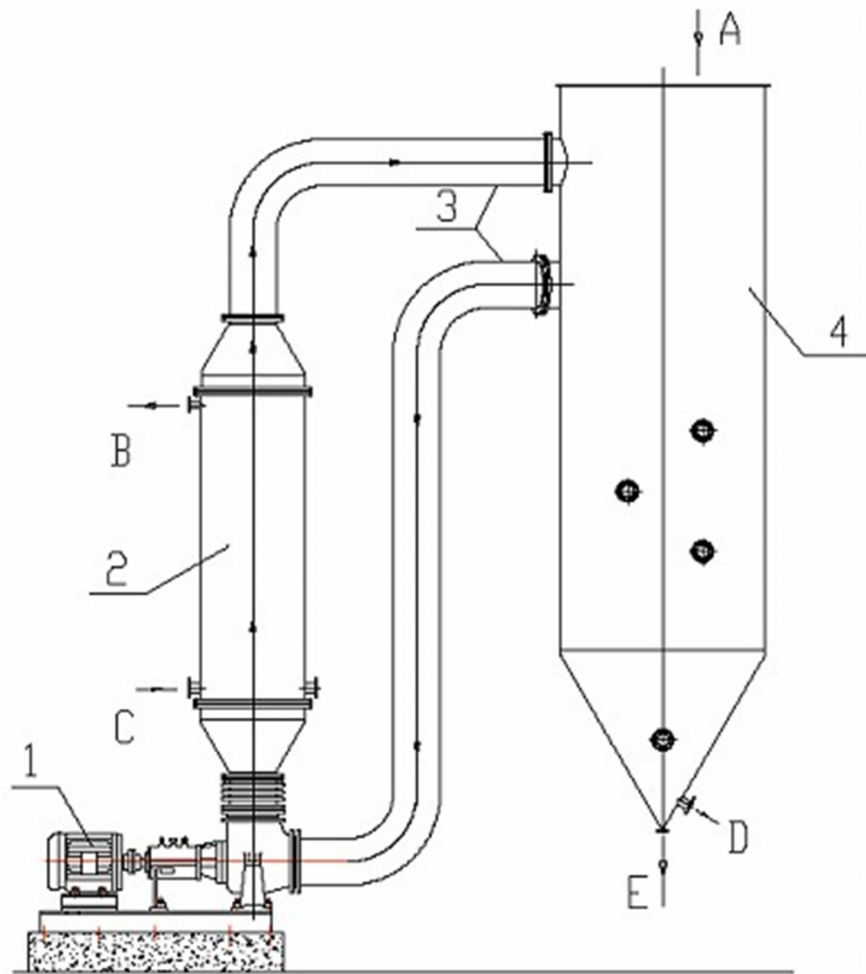


Figure 7. L-Glu acid solubility curves compared to (a) previously published data,²¹ (b) metastable limit for cooling rate at 0.4 °C/min.

Componentes del Equipo:



Donde :

1.- Bomba de centrifuga

2.- Int. de Calor

A.- Gases de salida

D.- Salida del producto

3.- Tuberias de AISI 316 L

4.- Cristalizador

B,C.-Entrada y Salida del Enfriador.

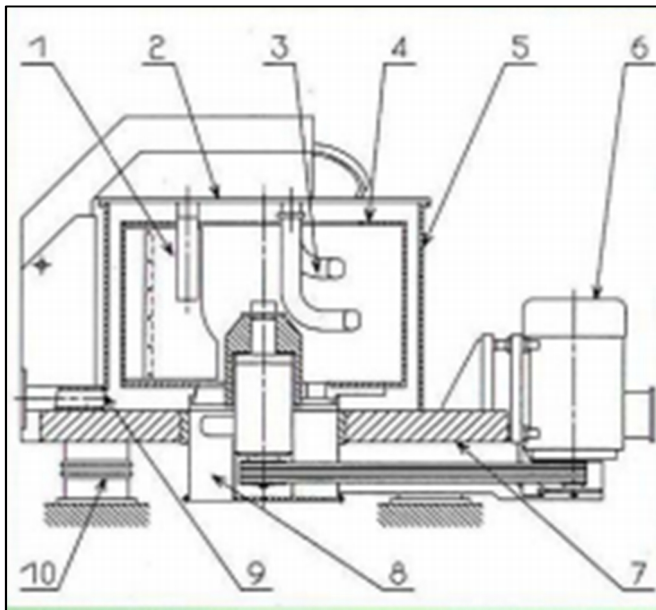
E.- Purga

10.4 CENTRIFUGACIÓN

La centrifugación es una operación de separación física sólido líquido, parecida a la filtración, en esta etapa se separarán los cristales de ácido glutámico obtenidos de la corriente “Licor Madre” procedente de la unidad de cristalización.

Se utilizará una centrifuga vertical de canasta, este tipo de equipos son de gran utilidad en procesos como este donde se quieren separar solidos de tamaños de 1 hasta 10 μm con la ayuda de telas filtrantes que hagan pasar el resto de la corriente reteniendo el producto de interés. Sin embargo ocurre lo mismo que en muchos filtros a menos diámetro de poro mayor pérdida de carga se generará en el proceso.

Componentes del Equipo



- 1.-Cuchilla/Raspador
- 2.-Tapadera
- 3.-Tuberia de entrada
- 4.- Canasta
- 5.- Carcasa
- 6.- Motor
- 7.-Estabilizador
- 8.-Salida de Solidos
- 9.-Salida de Líquidos
- 10.-Soporte anti vibraciones

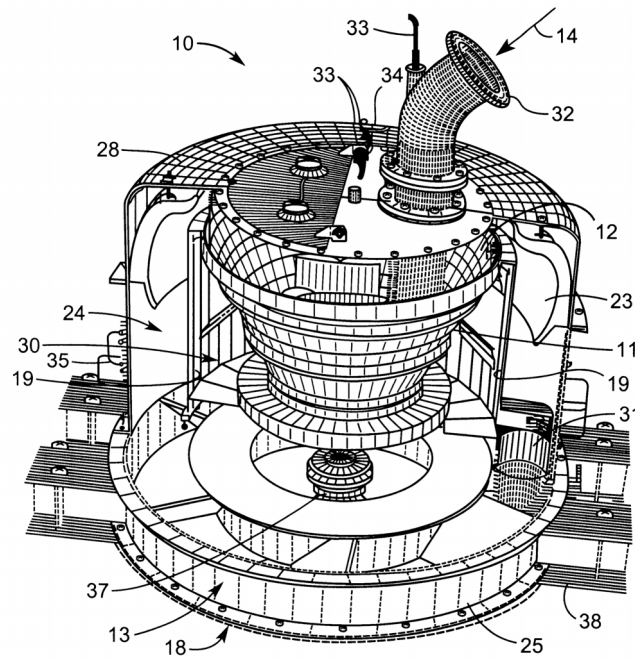


FIG. 1

Estos equipos ofrecen una gran pureza respecto a otro como las centrifugas sedimentantes o “Sedimentation centrifuges” pero también tiene un inconveniente, y es que cuando se trabaja a caudales demasiado altos no está justificado utilizar un gran número de equipos respecto a otros que ofrezcan una menor pureza, pero mayor capacidad de producción junto con menores costes de equipo.

Las centrifugas con canasta operan tanto en continuo como en discontinuo, en nuestro caso utilizaremos equipos que trabajen en continuo

Durante la centrifugación los equipos operan siguiendo las siguientes etapas:

1. Alimentación del equipo
2. Lavado de los solidos
3. Centrifugado
4. Raspado

Alimentación del Equipo

En esta etapa se alimenta el equipo con una cantidad de Licor madre a la canasta que tendrá un diámetro de 1,2 m y a una velocidad de rotación 600 rpm durante todo el proceso de llenado.

La tela filtrante será de poliamida de Nylon, con una porosidad de 100 μm (0,0001mm), más que suficiente para captar todos los cristales de ácido glutámico, que como recordamos tendrán un diámetro de 0,15 mm.

Durante este procedimiento las fuerzas centrifugas impulsarán el licor madre a través de los orificios de la canasta y hacia las paredes del recipiente.

Lavado

Tras hacer pasar el licor madre, este abandona el equipo y se procede a lavar los sólidos filtrados haciendo pasar una corriente de agua que elimina los restos de licor madre y que traspasa los orificios de la tela filtrante y abandonando el lecho de la misma manera que el licor madre.

La velocidad de agitación durante la etapa de lavado se ajusta a 800 rpm.

Centrifugado

Los residuos líquidos que se encuentre aun entre el producto húmedo se centrifugan a una velocidad de 1000 rpm para alcanzar la mayor sequedad posible de este.

Raspado

Una cuchilla se introduce en la canasta descargando los sólidos e introduciéndolos en una cinta transportadora que los conduce al siguiente equipo. Durante la descarga el equipo sigue trabajando a una velocidad de 100 rpm.

El inconveniente de estos equipos es que su propia operación, al estar sometidos a vibraciones tan altas puede ocurrir que al cabo de muchos ciclos de operación algunos componentes dejan de ser tan eficaces.

Estos equipos tienen una tasa de recuperación del 96% de los sólidos filtrados, se supondrá que el 95% se recuperaran de la corriente de cristales de ácido Glutámico. Además el producto suele salir del equipo con un 5 % de contenido de agua.

Se utilizará un equipo que soporte una alimentación de:

ENTRADA		
Agua	2448,95	[Kg/h]
L-Glu	14,79	[Kg/h]
Prod. Cristalizado	12,10	[Kg/h]
TOTAL	2475,84	[Kg/h]

La corriente de salida de la centrifuga será entonces:

ENTRADA		
Agua	0,6	[Kg/h]
L-Glu	-	[Kg/h]
Prod. Cristalizado	12,1	[Kg/h]
TOTAL	12,7	[Kg/h]

Estos equipos soportan Caudales de alimentación de hasta 30000 Kg/h , por tanto se emplearán dos centrifugas en continuo para que trabajen en paralelo y de manera que cuando una no esté trabajando lo haga el otro y se puedan llevar a cabo mantenimientos de los equipos sin detener el proceso.

Finalmente, en cuanto a los materiales, el equipo estará construido en AISI 316 para evitar problemas de corrosión.

10.5 SECADO

La operación de secado es usualmente la operación final de un proceso de producción de un compuesto obtenido por vías fermentativas.

La operación consiste en eliminar los restos de humedad o líquidos del producto median una trasmisión de calor a la corriente, ya sea por convección (secado directo o adiabático) o por conducción (secado indirecto o no adiabático).

Unidad que se utilizará será una unidad de tipo rotatorio a vacío de secado indirecto ya que utilizar un corriente de aire caliente (secado directo) podría contaminar el producto final arrastrando corrientes con polvo u otras partículas o productos en suspensión en el aire que reaccionasen con el producto.

Las ventajas de utilizar un equipo a vacío son el hecho de hacer el proceso mucho más flexible a la hora de tener el producto en el secador, tanto por cantidad de tiempo como de temperatura ya que gracias a reducir la presión se necesitan menores temperaturas para eliminar los restos de humedad del producto.

Tienen menos consumo energético que otros equipos y además esta agitado constantemente lo que hace que el secado sea completamente homogéneo. Siendo la velocidad de agitación de 3 a 8 rpm en función de necesidades en ese momento.

El tiempo de residencia de estas unidades suele ser de 10- 60 minutos por lote en función de las condiciones de Presión y Temperatura.

En el caso del equipo de diseño se desea disminuir el contenido en agua de la alimentación de 5% a un máximo de un 0,5% así que se considerarán una temperatura de 30 -35 °C, Presión de Vacío y un tiempo de secado de 30 minutos.

SALIDA		
Agua	0,1	[Kg/h]
L-Glu	-	[Kg/h]
Prod. Cristalizado	12,1	[Kg/h]
TOTAL	12,2	[Kg/h]

11 EQUIPOS AUXILIARES

11.1 BOMBAS

Para las transportar las corrientes líquidas durante el proceso necesitaremos equipos de impulsión de fluidos, en todo los tramos utilizaremos bombas centrífugas horizontales, estarán construidas en AISI 316 ya que a través de ellas se inyectara el vapor a presión para realizar la esterilización.

Posteriormente en el apartado de “ANEXOS” se detallarán la potencia de cada equipo de impulsión en cada tramo.

11.2 COMPRESORES

En cuanto a la impulsión del aire se utilizará un turbo compresor construido en AISI 304 para la alimentar los fermentadores principales y pre fermentadores con el aire necesario, este será regulado por las válvulas correspondientes.

11.3 VÁLVULAS

Las válvulas más utilizadas para operaciones fermentativas discontinuas fermentativos suelen ser:

CORRIENTES LÍQUIDAS

Válvulas Lineares de Diafragma o Válvulas de cuarto de giro de Bola.

Para el caso de estudio se utilizarán válvulas control de diafragma para las corrientes líquidas, porque se suelen utilizar para el corte y estrangulación de líquidos que pueden llevar una gran cantidad de sólidos en suspensión.

En las válvulas de diafragma se aísla el fluido de las partes del mecanismo de operación. Esto las hace idóneas en servicios corrosivos o viscosos, ya que evita cualquier contaminación hacia o del exterior.

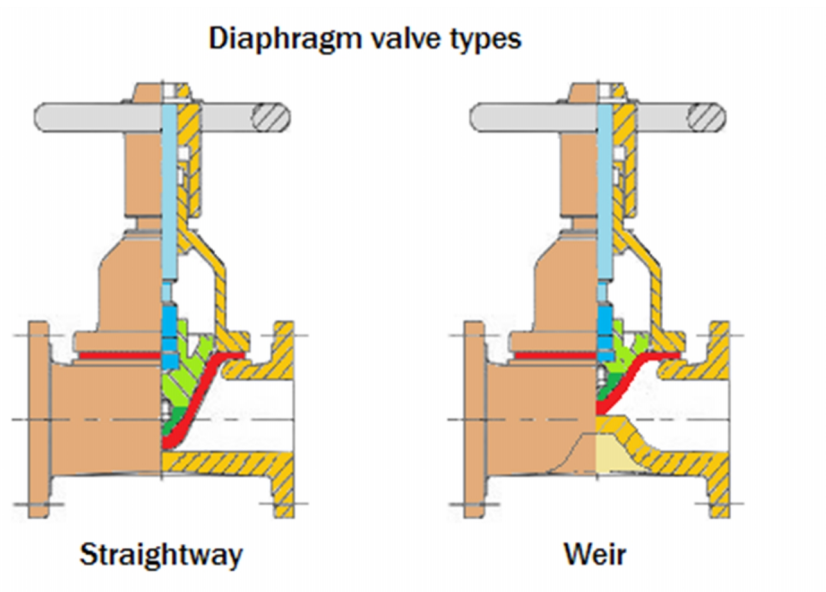
La estanqueidad se consigue mediante una membrana flexible, que suele estar fabricada de material de tipo elastómero, pudiendo ser reforzada con algún metal, que se tensa por el efecto de un eje-punzón

de movimiento lineal, hasta hacer contacto con el cuerpo, que hace de asiento.

Las aplicaciones de este tipo de válvula son principalmente para presiones bajas y pastas aguadas que a la mayoría de los demás equipos los corroerían y obstruirían.

Otra gran ventaja es que son de rápida apertura.

Las válvulas de diafragma se subdividen en dos tipos:

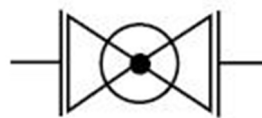


- De paso restringido (Weir)
- De paso directo (Straightway)

Las válvulas de diafragma de paso restringido se pueden usar en servicios de apertura y cierre y regulación, mientras que las de paso directo únicamente para la apertura y cierre.

En nuestro caso utilizaremos de paso restringido, para poder regular los caudales si es necesario en algún momento del proceso.

Se suelen simbolizar con este icono:



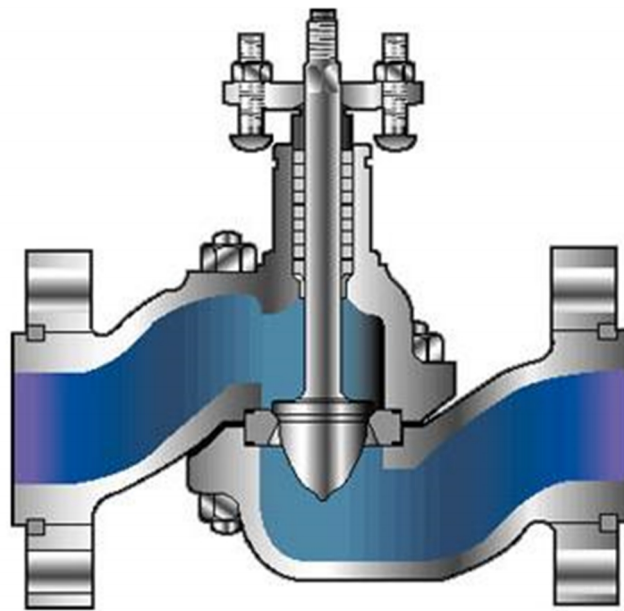
CORRIENTES GASEOSAS:

Para las corrientes gaseosas utilizaremos válvulas Lineales de control eléctrico de tipo globo de asiento recto.

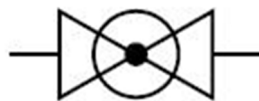
Estas válvulas son ideales para la regulación de fluidos.

El obturador de la válvula se desplaza con un movimiento lineal.

Son de uso frecuente gracias a su poca fricción y a que pueden controlar el fluido con la estrangulación al grado deseado.



Se suelen simbolizar con este icono:

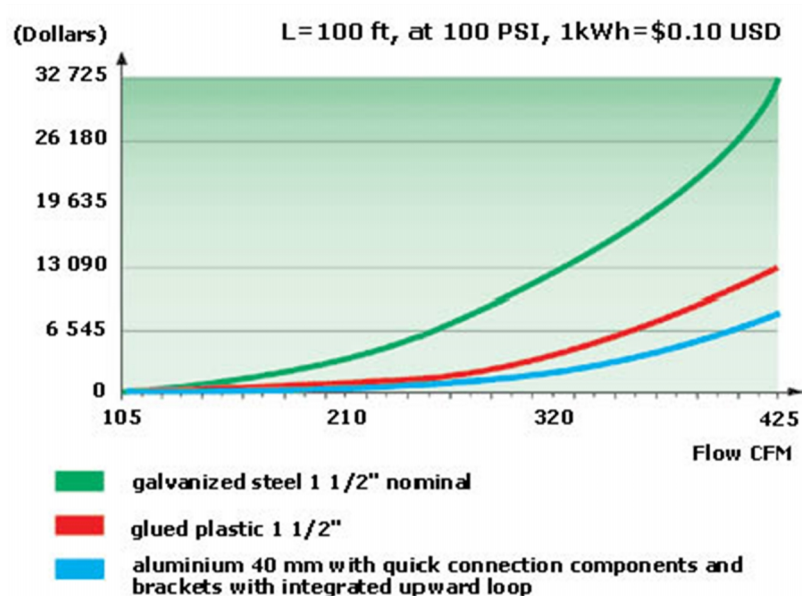


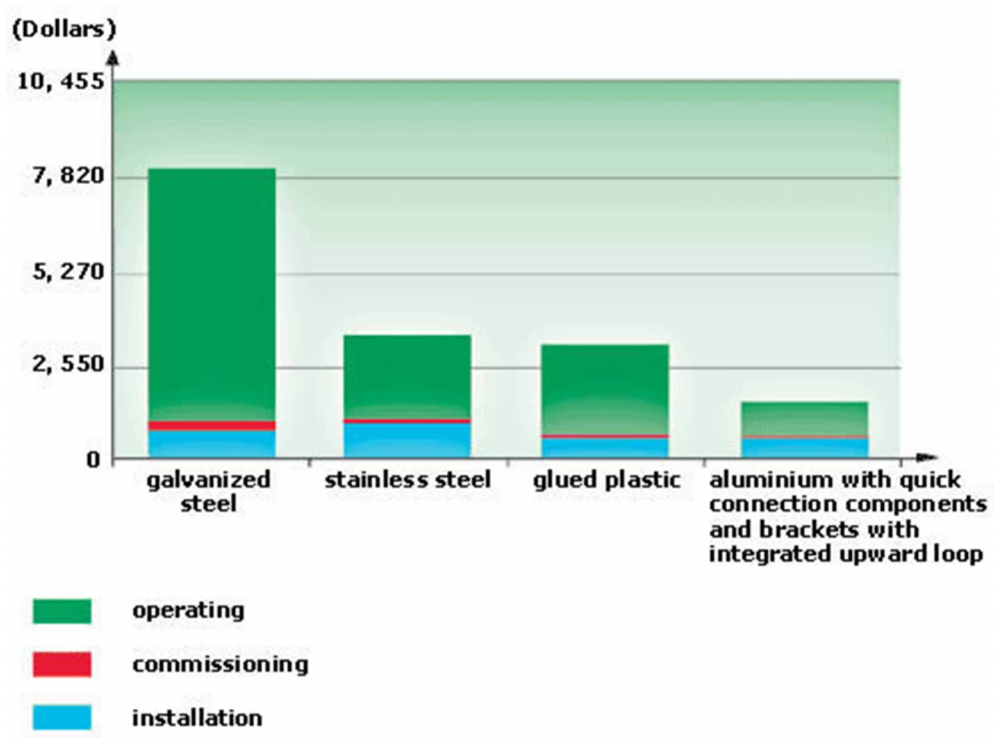
11.4 TUBERIAS

Las conducciones para los líquidos estarán construidas en AISI 304 y tendrán un diámetro interno normalizado de 15 pulgadas (38,1 cm), menos en la tubería del producto que llevara una de 1'5 pulgadas (3,81 cm).

Las longitudes de cada tramo de tuberías se considerarán de 50 metros para todos los tramos, para sobredimensionar la potencia necesaria de las bombas.

Para el aire y los gases de salida se utilizarán tuberías de aluminio de 4 cm de diámetro interno (1.58 pulgadas) ya que los costes de instalación y mantenimiento son muchos menores cuando se trabaja a caudales bajos de aire (en nuestro caso 25.6 m³/min) como podemos comprobar en la siguiente gráfica:





Se considerará que necesitaremos una longitud de tubería de 150 metros para la entrada de aire y otros 150 metros para la salida de los gases.

12 CONTROL E INSTRUMENTACIÓN

Los procesos fermentativos necesitan tener un control exhaustivo sobre sus variables de diseño, para ello se utilizan sistemas de control que miden las variables para controlar o evitar la aparición de fenómenos indeseables y garantizar la seguridad de la planta.

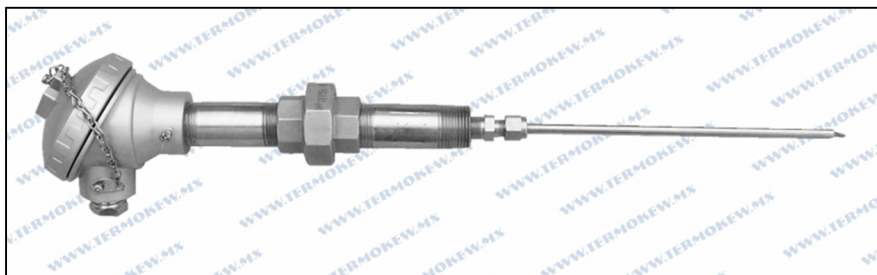
Las variables que se deberán controlar en este proceso serán:

1. La temperatura.
2. La presión.
3. El pH.
4. El nivel
5. El oxígeno disuelto.
6. Formación de espumas durante la fermentación.

12.1 LA TEMPERATURA

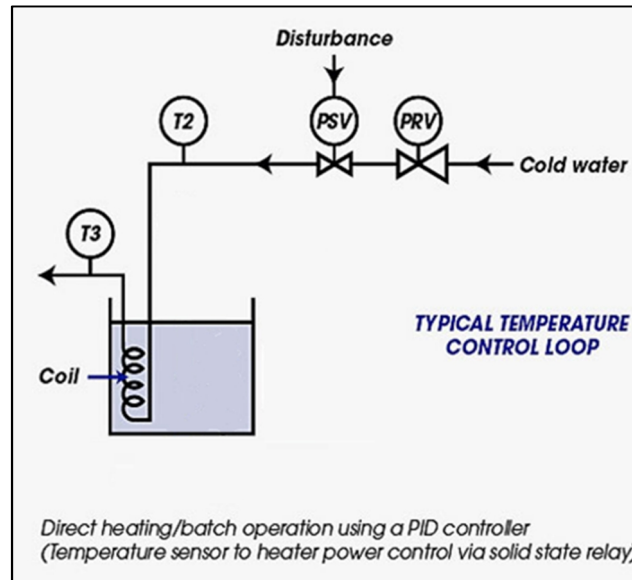
El conocimiento en todo momento de la temperatura de operación de los equipos de la planta es crucial, ya que de ella depende en gran medida el rendimiento del proceso al tener gran influencia en las reacciones que tienen lugar y en las operaciones de intercambio de calor.

- Para el control de la temperatura se emplearán termopares tipo k.
 - Están hechos de una aleación de Cu y Ni.
 - El rango de temperaturas es de -270°C hasta 400°C .
 - Su precisión es de $\pm 1^{\circ}\text{C}$ ó $\pm 0.75\%$.
 - Tienen una carcasa de acero inoxidable.
 - Soportan condiciones de atmósfera oxidante, reductora, condiciones de vacío, temperaturas criogénicas y vapores metálicos.



Los controladores para la temperatura suelen ser tanto on/off como PID, en nuestro caso utilizaremos controladores de tipo PID.

Estos equipos son especialmente importantes en la fermentación siendo esta como se ha explicado anteriormente un factor determinante en el correcto desarrollo de esta.



12.2 LA PRESIÓN

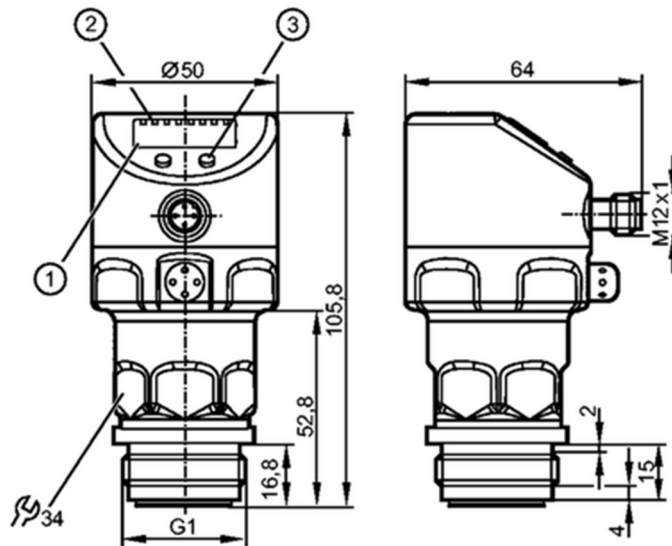
Tanto en la fermentación como en las reacciones químicas se producen gases que pueden dar lugar a sobrepresiones perjudiciales para el sistema, además otros equipos, como los cristalizadores, que trabajan con presiones diferentes a la atmosférica, por lo tanto es obligatorio conocer en todo momento la presión de trabajo de estos equipos.

Los medidores de presión deberán ir colocados, como instrumentación adicional a la necesaria en los lazos de control, en los siguientes puntos del proceso:

- Tanto en las Entradas y salidas de los sistemas que transmitan calor como el cristalizador o los serpentines de refrigeración: para controlar el ensuciamiento y las pérdidas de carga.

- En el Fermentador, en la parte superior, fuera del alcance del líquido, para controlar la presión en el interior del equipo.

Los sensores de presión que se utilizarán serán de tipo PI y serán de presión relativa soportando presiones de hasta 435 PSI (29,6 atm).



12.3 EL pH

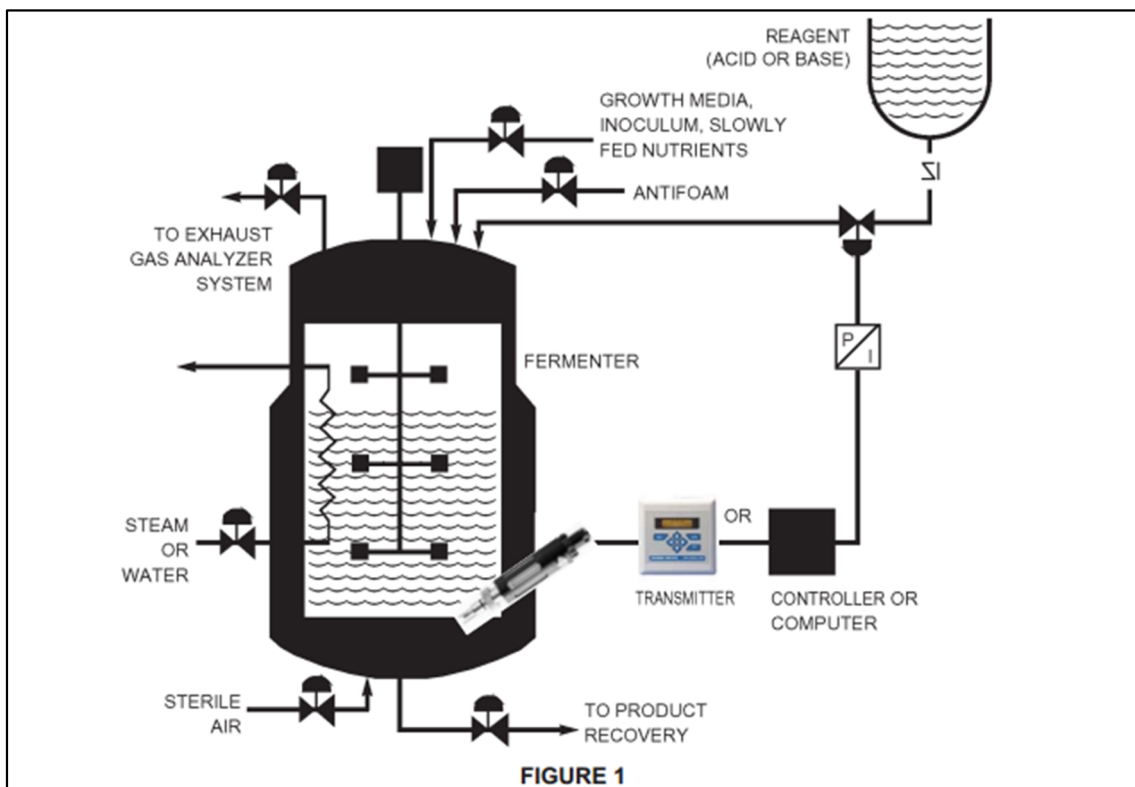
Mantener un pH adecuado es muy importante en la fermentación, por lo que se usarán sensores de electrodo de vidrio para controlar el pH dentro de cada una de las unidades involucradas.

El sensor mide el pH mediante diferencias de potencial con un error de $\pm 0,03$ ó $\pm 0,1\%$ de pH.

El sensor de pH a utilizar será de la empresa Emerson® el modelo 328A que soporta condiciones de esterilización (hasta 130°C).



En cuanto al control, en estos equipos, cuando el sensor detecta la variación de pH fuera de rango libera una solución de hidróxido sódico para reajustarlo al punto de consigna.



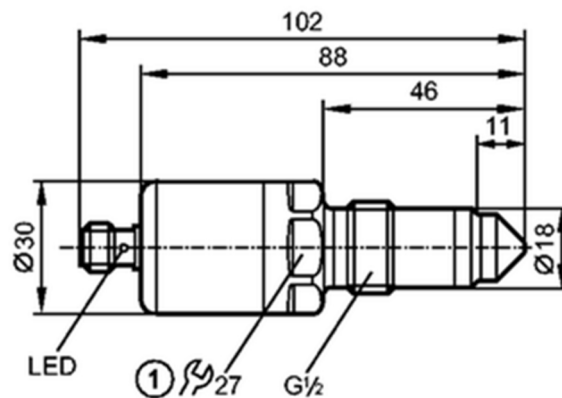
12.4 EL NIVEL

Se usarán medidores de nivel para controlar el volumen de los equipos de la planta y conocer su estado de llenado.

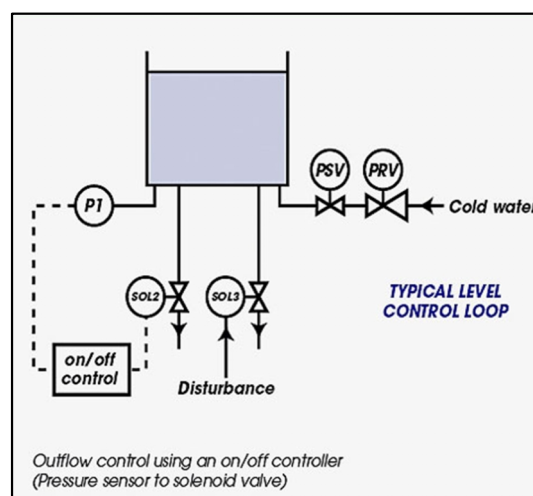
Los dispositivos de nivel empleados en el proceso, también en función de la naturaleza del fluido, son:

- Medidores eléctricos para fluidos con suspensiones de cristales o sólidos.
- Medidores de presión para líquidos limpios.

Se utilizara un sensor de contacto continuo, modelo: LMT100.



Para el control del nivel utilizaremos un controlador de tipo on/off con purgas en caso de que fuese necesaria la salida de algún excedente del contenido:



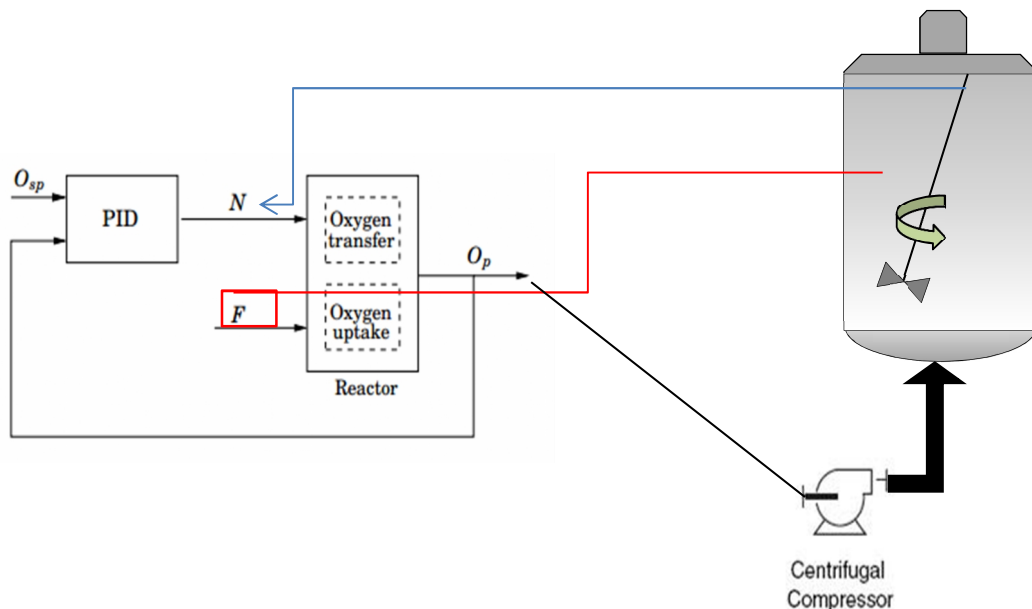
Dentro de los sensores de nivel es necesario destacar también los sensores de nivel para el control de las espumas, ya que en los procesos fermentativos suele haber presencia de agentes tensioactivos que generan este fenómeno.

Se utilizará un sensor de nivel que liberará un agente antiespumante en caso de que su crecimiento sea incontrolable.

Se empleará el agente antiespumante “DSI-10” de la empresa DICON SILICONES® especialmente preparado para la industria alimentaria y fermentativa en sistemas alcalinos o acuosos.

12.5 EL OXÍGENO DISUELTO

Para controlar el correcto crecimiento de la biomasa dentro del fermentador así como conocer el avance de la fermentación, se usará un sensor en el agitador que controle coeficiente la velocidad de agitación(N) y en función de su rango y del sustrato con el que se ha alimentado (F) el reactor sabremos la necesidad de oxígeno del medio, si este nivel disminuye se actuará sobre el compresor para aumentar el caudal de aire y poder así restaurar el punto de consigna. Los equipos de control serán de tipo PID.



N	Velocidad de agitación
F	Sustrato suministrado
O_{sp}	Setpoint de [O₂] disuelto
O_p	Variación en el caudal de la bomba que reestablezca el set point

ESTIMACIÓN DE LA CONCENTRACIÓN DE O ₂ DISUELTO EN PPM		
Q AIRE	0,8	m ³ /s
Q OXÍGENO	0,168	m ³ /s
ρ OXÍGENO	1,429	Kg/m ³
Q OXÍGENO	0,240	Kg/h
VOLUMEN REACTOR	30	m ³
CONCENTRACIÓN O ₂	0,008	Kg/m ³
	8	ppm

El sensor utilizado será un sensor de oxígeno disuelto tipo óptico que soporte condiciones de esterilización, y sea capaz de medir una concentración desde 8ppb hasta saturación.



Se optará por un equipo de la empresa METTLER TOLEDO[®], el modelo será el “InPro6870i” ya que satisface nuestras necesidades.

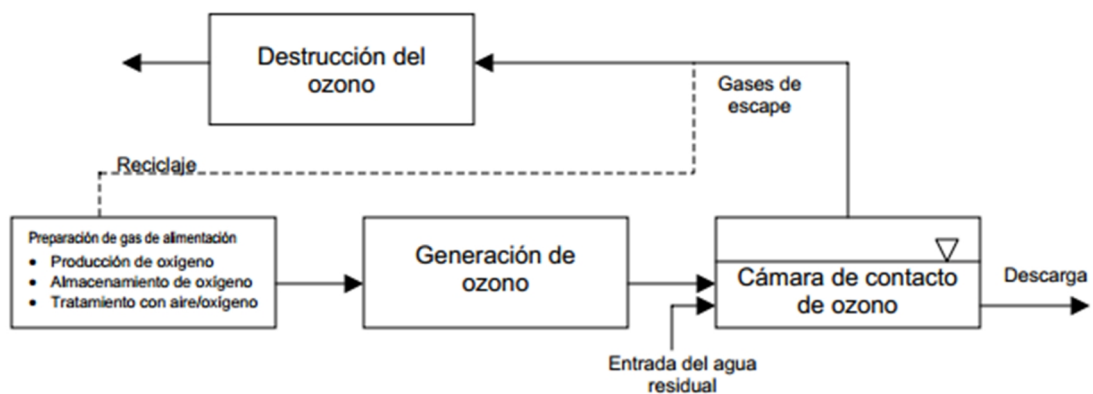
13 RESIDUOS

13.1 IMPUREZAS PROCEDENTES DE LA FILTRACIÓN DE LA BIOMASA

El contenido celular filtrado en la etapa de filtración de la biomasa se destinará a abono o pienso animal, ya que el contenido de la fermentación tiene una peligrosidad baja.

13.2 CORRIENTE LIQUIDA PROCEDENTE DEL MEDIO

El tratamiento de los residuos tanto los procedentes del filtrado como los líquidos de la fermentación se harán gracias a un tratamiento con Ozono:



Este tratamiento consiste en hacer pasar el agua residual por una cámara donde se hace pasar el ozono y gracias al cual se eliminan los restos de trazas químicas procedentes de la fermentación o el downstream processing , finalmente este ozono utilizado se destruye y el residuo liquido es utilizable para otros menesteres como el regadío de campos u otros usos no potables.

14 BIBLIOGRAFIA:

- Artículo: "The Molasses" by Hubert Olbrich.
- Artículo: International Journal of Engineering Science and Technology (IJEST) by N. S. Khan et al.
- Bioprocess Engineering Principles, Elsevier Science & Technology Books, Ed. 1995 by Pauline Doran (P.M. Doran).
- Chemistry for Everyone -Products of Chemistry-The Monosodium Glutamate Story: The Commercial Production of MSG and Other Amino Acids. By George B. Kauffman California State University.
- Metabolic Engineering of the Valine Pathway in Corynebacterium Glutamicum-Analysis and Modelling. By Jørgen Barsett Magnus.
- Beet-Sugar Handbook, Wiley-Interscience Ed 2007 by Mosen Asadi.
- Fermentation and biochemical engineering handbook. 2nd Edition. by Henry C. Vogeland Celeste L. Todaro.
- Perry's Chemical Engineer's Handbook, Sixth Ed. McGraw Hill Book Co., New York (1984) by Perry, R. H., Green D. W. and Maloney I. O. (eds).
- Artículo: "Selective Crystallization of the Metastable α -Form of L-Glutamic Acid using Concentration Feedback Control" by Nicholas C. S. Kea, Reginald B. H. and Richard D. Braatz.
- Handbook of Industrial Drying, Third Edition written by Carl W. Hall and edited by Arun S. Mujumdar.
- Reactores Bioquímicos, escrito por B. Atkinson.

ANEXOS

Diseño de una planta de producción de ácido L-Glutámico a partir de melazas de remolacha azucarera.

Pablo San José García

Índice

1. CINÉTICA.....	2
2. BALANCES DE MATERIA	5
3. DISEÑO DE EQUIPOS.....	10
3.1. REACTORES.....	10
3.1.1. DISEÑO MECÁNICO	10
3.1.2. AIREACIÓN Y AGITACIÓN.....	18
3.1.3. CONTROL DE LA TEMPERATURA.....	30
3.1.3.1. CALCULO DE LA U.....	30
3.1.3.2. DISEÑO SERPENTÍN.....	36
3.1.4. ESTERILIZACIÓN.....	41
3.1.5. ESCALAMIENTO.....	43
3.2. INTERCAMBIADOR DE CALOR.....	49
3.3. FILTROS.....	53
3.4. BOMBAS.....	55
3.5. TABLAS y OTROS DOCUMENTOS.....	59
3.5.1. TABLA DE MATERIALES CODIGO ASME SC-II-D-2007	59
3.5.2. TABLA VALORES DE “M” CODIGO ASME SC-VIII-MA-APP 1	60
3.5.3. TABLA VALORES CONSTANTE DE HENRRY PARA O ₂ PURO:.....	61
3.5.4. TABLA DE PROPIEDADES TERMOFÍISICAS DEL AGUA SATURADA:	62
3.5.5. TABLA DE PROPIEDADES TERMOFÍISICAS DEL GASES A PRESIÓ ATM:	63
3.5.6. TABLA DE CALORES D COMBUSTIÓN:.....	63
3.5.7. TABLA DE RUGOSIDADES RELATIVAS:.....	64
3.5.8. GRÁFICA DE MOODY:	65
4. BIBLIOGRAFIA	¡Error! Marcador no definido.

1. CINÉTICA

Para la obtención de los perfiles cinéticos de la reacción microbiológica se utilizó el software de simulación de modelos físico-matemáticos “MATLAB®”.

Introduciendo los datos en MATLAB® se resolvieron el sistema de ecuaciones diferenciales utilizando las siguientes líneas de comandos que se programaron en tres archivos distintos: “Batch.m”, “Constantes.m” y “Sim.m”.

1.-“Batch.m”:

```
function dydt=Batch(t,y)
Constantes;

%Formulación de variables
X=y(1); S=y(2); P=y(3);

%Sist. de ecs. diferenciales

dXdt=mumax*X*(1-(X/Xmax));
dSdt=-(1/Y0xs*dXdt+ms*X);
dPdt=alfa*(dXdt)+b*X;

dydt=[dXdt;dSdt;dPdt];
end
```

2.-“Constantes.m”:

```
%Parametros Cinéticos

alfa=3.23;      % Coeficiente de formación de producto
                asociado al crecimiento (kg producto/kg biomasa)

b=0;           % Coeficiente de formación de producto no
                asociado al crecimiento (kg producto*kg biomasa-1*h-1)

mumax=0.21;     % Velocidad especifica máxima de crecimiento (h-1)

ms=0.07;        % Coeficiente de mantenimiento de celulas (kg
                sustrato*kg biomasa*h-1)
Y0xs=0.12;      % coeficiente de rendimiento biomasa sustrato (kg
                biomasa/kg sustrato)
Xmax=3.88;      % Concentración máxima de biomasa en el medio (kg/m3)

ks=0.1;         % Constante de Saturación (kg/m3)
```

3.-“Sim.m”

```
clear
clc

Constantes;
%Tiempo inicial y final
ts=0;%(h)
tf=24;%(h)
n=100;%valores a mostrar

%Valores Iniciales
X0=0.164;%(kg/m3)
S0=30;%(kg/m3)
P0=0;%(kg/m3)
y0=[X0 S0 P0];

%ODE
tspan=[ts tf];
options=odeset('RelTol',1e-6,'AbsTol',1e-6);
[t,y]=ode45(@Batch,tspan,y0,options);
t_n=linspace(ts,tf,n);
y_n=interp1(t,y,t_n,'spline');
Xsim=y_n(:,1);Ssim=y_n(:,2);Psim=y_n(:,3);
Valores_finales=y_n(end,:);

musim=mumax*(1-Xsim./Xmax);
```

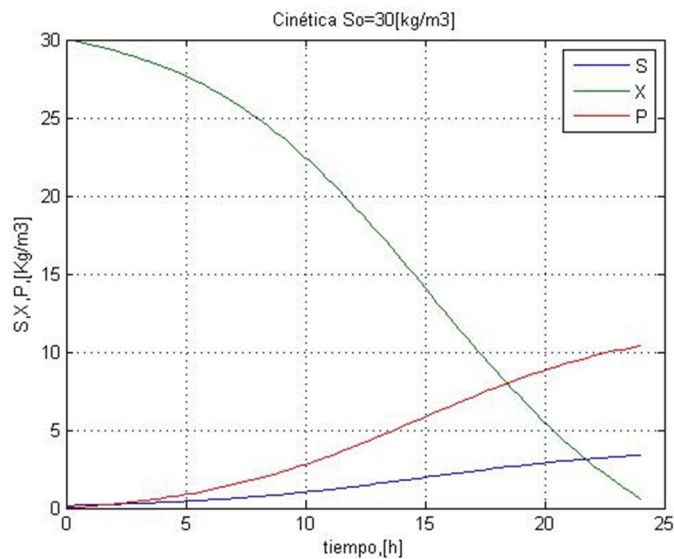


```
%Representación gráfica
figure(1)
plot(t_n,y_n);
title('Cinética So=30[kg/m3]')
xlabel('tiempo,[h]')
ylabel('S,X,P,[Kg/m3]')
legend('S','X','P')
grid

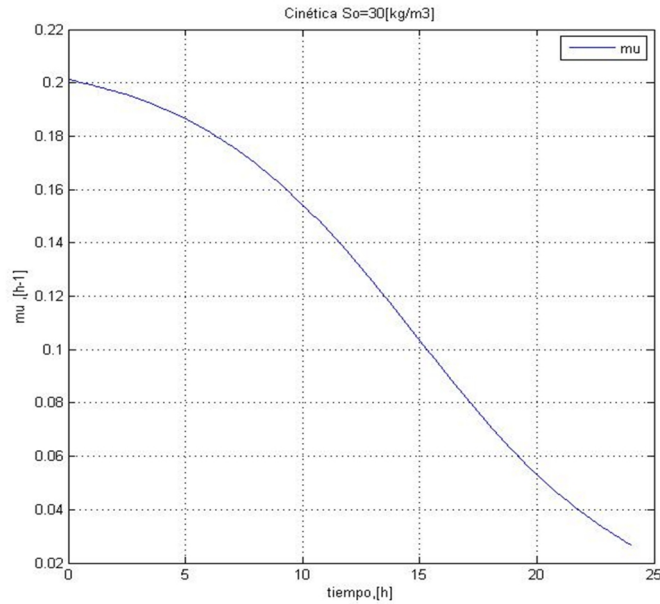
figure(2)
plot(t_n,musim);
title('Cinética So=30[kg/m3]')
xlabel('tiempo,[h]')
ylabel('mu,[h-1]')
legend('mu')
grid
```

Al ejecutar la simulación desde el archivo “Sim.m”, esta te devuelve dos representaciones gráficas la primera representa cómo evolucionan las tres ecuaciones diferenciales en el tiempo y la segunda representa la evolución de una cuarta ecuación interna, del propio archivo que simula la velocidad específica de crecimiento del microorganismo a partir de la variación de biomasa [X] en el medio.

Para el caso de estudio, nos devolvió la siguiente gráfica:



Producción de Ácido L- Glutámico a partir de melazas de remolacha azucarera



2. BALANCES DE MATERIA

A continuación se procederá a plantear los balances de materia que se suceden en cada uno de los procesos:

- FILTRACIÓN DE LAS MELAZAS:**

FILTRACIÓN MELAZAS				
	ENTRADA		SALIDA	
Elemento	Cantidad	Unidades	Cantidad	Unidades
Agua	-	[-]	-	[-]
Melazas	200,0	[Kg/h]	146,39	[Kg/h]
Trazas	-	[-]	-	[-]
Ac. Glutamico	-	[-]	-	[-]
Oxígeno	-	[-]	-	[-]
Nitrogeno	-	[-]	-	[-]
Dióxido de Carbono	-	[-]	-	[-]
Biomasa	-	[-]	-	[-]
Producto Cristalizado	-	[-]	-	[-]
Impurezas	-	[-]	53,6	[Kg/h]
TOTAL	200	[Kg/h]	200	[Kg/h]

• **ESTERILIZACIÓN:**

ESTERILIZACIÓN				
	ENTRADA		SALIDA	
Elemento	Cantidad	Unidades	Cantidad	Unidades
Agua	2000	[Kg/h]	2461,8	[Kg/h]
Melazas	146,39	[Kg/h]	146,39	[Kg/h]
Trazas	-	[-]	-	[-]
Ac. Glutamico	-	[-]	-	[-]
Oxígeno	-	[-]	-	[-]
Nitrogeno	-	[-]	-	[-]
Dióxido de Carbono	-	[-]	-	[-]
Vapor	461,8	[Kg/h]	-	[-]
Biomasa	-	[-]	-	[-]
Producto Cristalizado	-	[-]	-	[-]
Impurezas	-	[-]	-	[-]
TOTAL	2608,19	[Kg/h]	2608,19	[Kg/h]

• **REACCIÓN:**

REACCIÓN / FERMENTACIÓN P.PAL				
	ENTRADA		SALIDA	
Elemento	Cantidad	Unidades	Cantidad	Unidades
Agua	2461,8	[Kg/h]	2582,19	[Kg/h]
Melazas	146,39	[Kg/h]	-	[-]
Trazas	11,13	[Kg/h]	1,46	[Kg/h]
Ac. Glutamico	-	[-]	26,9	[Kg/h]
Oxígeno	370,56	[Kg/h]	18,53	[Kg/h]
Nitrogeno	1394,02	[Kg/h]	1394,02	[Kg/h]
Dióxido de Carbono	-	[-]	352,03	[Kg/h]
Biomasa	-	[-]	8,79	[Kg/h]
Producto Cristalizado	-	[-]	-	[-]
Impurezas	-	[-]	-	[-]
TOTAL	4383,9	[Kg/h]	4383,92	[Kg/h]

- FILTRACIÓN DE LA BIOMASA:**

FILTRACIÓN DE BIOMASA				
	ENTRADA		SALIDA	
Elemento	Cantidad	Unidades	Cantidad	Unidades
Agua	2582,2	[Kg/h]	2582,2	[Kg/h]
Melazas	-	[-]	-	
Trazas	1,5	[Kg/h]	1,5	[Kg/h]
Ac. Glutamico	26,9	[Kg/h]	26,9	[Kg/h]
Oxígeno	-	[-]	-	[-]
Nitrogeno	-	[-]	-	[-]
Dióxido de Carbono	-	[-]	-	[-]
Biomasa	8,8	[Kg/h]	-	[-]
Producto Cristalizado	-	[-]	-	[-]
Impurezas	-	[-]	8,8	[Kg/h]
TOTAL	2619,34	Kg/h	2619,34	Kg/h

- COLUMNAS DE INTERCAMBIO IÓNICO:**

COLUMNAS DE INTERCAMBIO IÓNICO				
	ENTRADA		SALIDA	
Elemento	Cantidad	Unidades	Cantidad	Unidades
Agua	2582,2	[Kg/h]	2449,0	[Kg/h]
Melazas	-	[-]	-	[-]
Trazas	1,5	[Kg/h]	-	[-]
Ac. Glutamico	26,9	[Kg/h]	26,9	[Kg/h]
Oxígeno	-	[-]	-	[-]
Nitrogeno	-	[-]	-	[-]
Dióxido de Carbono	-	[-]	-	[-]
Biomasa	-	[-]	-	[-]
Producto Cristalizado	-	[-]	-	[-]
Impurezas	-	[-]	1,5	[Kg/h]
TOTAL	2610,55	[Kg/h]	2477,31	[Kg/h]

- **CRISTALIZACIÓN**

CRISTALIZACIÓN				
	ENTRADA		SALIDA	
Elemento	Cantidad	Unidades	Cantidad	Unidades
Agua	2449,0	[Kg/h]	2449,0	[Kg/h]
Melazas	-	[-]	-	[-]
Trazas	-	[-]	-	[-]
Ac. Glutamico	26,9	[Kg/h]	14,8	[Kg/h]
Oxígeno	-	[-]	-	[-]
Nitrogeno	-	[-]	-	[-]
Dióxido de Carbono	-	[-]	-	[-]
Biomasa	-	[-]	-	[-]
Producto Cristalizado	-	[-]	12,1	[-]
Impurezas	-	[-]	-	[-]
TOTAL	2475,9	[Kg/h]	2475,84	[Kg/h]

- **CENTRIFUGACIÓN:**

CENTRIFUGACIÓN				
	ENTRADA		SALIDA	
Elemento	Cantidad	Unidades	Cantidad	Unidades
Agua	2449,0	[Kg/h]	0,6	[Kg/h]
Melazas	-	[-]	-	[-]
Trazas	-	[-]	-	[-]
Ac. Glutamico	14,8	[Kg/h]	-	[-]
Oxígeno	-	[-]	-	[-]
Nitrogeno	-	[-]	-	[-]
Dióxido de Carbono	-	[-]	-	[-]
Biomasa	-	[-]	-	[-]
Producto Cristalizado	12,1	[-]	12,1	[Kg/h]
Impurezas	-	[-]	2463,1	[Kg/h]
TOTAL	2475,84	[Kg/h]	2475,84	[Kg/h]

- **SECADO:**

SECADO				
	ENTRADA		SALIDA	
Elemento	Cantidad	Unidades	Cantidad	Unidades
Agua	0,6	[Kg/h]	0,1	[Kg/h]
Melazas	-	[-]	-	[-]
Trazas	-	[-]	-	[-]
Ac. Glutamico	-	[-]	-	[-]
Oxígeno	-	[-]	-	[-]
Nitrogeno	-	[-]	-	[-]
Dióxido de Carbono	-	[-]	-	[-]
Biomasa	-	[-]	-	[-]
Producto Cristalizado	12,1	[Kg/h]	12,1	[Kg/h]
Impurezas	-	[-]	-	[-]
TOTAL	12,705	[Kg/h]	12,1605	[Kg/h]

3. DISEÑO DE EQUIPOS

3.1. REACTORES

3.1.1. DISEÑO MECÁNICO

Para la determinación de los parámetros mecánicos de los equipos de fermentación se utilizaron analogías correspondientes a el código ASME SC VIII div 1. , que se refiere al Diseño de Recipientes a Presión.

En este apartado se supondrán las condiciones más desfavorables posibles para el diseño de los equipos, considerando sobrepresiones y sobreespesores.

En este apartado se diseñarán las dimensiones de las envolventes, fondos cabezas y soportes de los tanques de reacción principales:

A. ENVOLVENTE:

Para el cálculo del espesor de la envolvente se utilizó la siguiente analogía:

$$t, envolvente = \frac{P_{diseño} \cdot D_i}{2 \cdot S \cdot E - 1,5 \cdot P_{diseño}} + C1$$

Y se introdujeron las siguientes condiciones de operación:

Temperatura de diseño , T dis	120	[°C]
Presión Estatica, P. estat	46902	[Pa]
Presión de Operación, P.op	101325	[Pa]
Presión Total	249552	[Pa]
Presión Total Máxima permitida , Pdiseño	274507	[Pa]
Tensión máxima permitida , S	138	[KN/m²]
Factor de eficiencia de soldadura, E	0,85	[Adim]
Sobreespesores de seguridad, C1	0,001	[m]
Diametro Interno , Di	2,8	[m]

El dato de la tensión máxima permitida se obtuvo bibliográficamente del CODIGO ASME SC-II-D-2007 de la tabla 5ª, como se puede comprobar en el apartado 3.5.1 de este documento.

El dato de la Presión estática se obtuvo gracias a la expresión:

$$P = \rho \cdot g \cdot h = 46902 \text{ Pa}$$

ρ	1130,2793	[Kg/m³]
g	9,88	[m/s²]
H_{liq}	4,2	[m]

Finalmente se obtiene un espesor de:

t, envolvente	4,285 mm	5 mm
---------------	----------	------

Utilizaremos un espesor de 0,5 cm para la envolvente del reactor.

B. FONDOS:

Las condiciones de operación determinan el tipo de fondo y cabezas que se utilizan para cada caso.

En general, en este tipo de equipos los fondos más utilizados suelen ser de tipo Elipsoidal o de tipo Torisfericos. Los primeros, cuando la presión total de operación es mayor o igual a 150 PSI y en caso opuesto se utilizan los Torisfericos.

En este caso la Presión total se estima de la siguiente manera, el valor más alto de los dos , será el valor de de diseño:

$$P_{dis1} = 1,1 \cdot (P_{estat} + P_o)$$

$$P_{dis2} = P_{estat} + P_o + 30 \text{ PSI}$$

$$P_{estat} = \rho \cdot g \cdot h$$

Producción de Ácido L- Glutámico a partir de melazas de remolacha azucarera

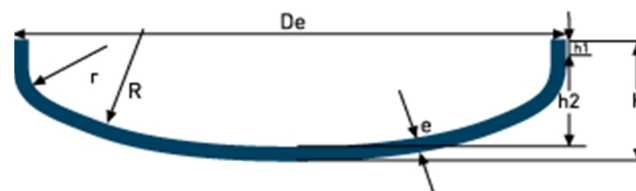
Se obtienen los siguientes valores:

Pdis 1	40,82	[PSI]
Pdis 2	70,80	[PSI]

Así pues utilizamos el valor de Pdis 2 y la ecuación que se aplica para fondos de tipo torisferico;

Además como la esbeltez del recipiente no es mayor a 10 (K= Altura recipiente/diámetro =2,35).

La presión no es mayor de 150 KPSI ni la temperatura el mayor de 375 °C, no es necesario utilizar fondos de tipo Korboggen en lugar del tipo Klopper.



$$t, fondo = \frac{Pdis \cdot L \cdot M}{2SE - 0,2Pdis} + C1 + C2$$

Considerando además que los valores de M se obtienen de la TABLA VALORES DE M CODIGO ASME SC-VIII-MA-APP 1 como se puede comprobar en la sección 3.5.2 de este documento.

Se obtiene $r/L=10 \rightarrow M=1,54$

Utilizando estos valores:

r	11,05	[in]	0,3	[m]
M	1,540		[Adim]	
L	110,5	[in]	2,81	[m]
C2	0,017	[in]	4,28E-04	[m]
R	1,105	[in]	0,03	[m]

Tensión máxima permitida , S	138	[KN/m ²]	20014,45	[lb/in ²]
Factor de eficacia de soldadura, E	0,85	[Adim]	-	-
Sobreespesor de seguridad , C1	0,001	[m]	0,0394	[in]

Producción de Ácido L- Glutámico a partir de melazas de remolacha azucarera

*Los valores utilizados en las ecuaciones de diseño son los expresados en unidades inglesas, ya que ASME es una entidad anglosajona.

Sustituyendo obtenemos:

t , fondo	10,4 mm
-----------	---------

Utilizaremos un fondo de espesor 1.1 cm.

Calculo de otros parámetros geométricos:

Elegiremos un fondo Torisferico de tipo Klopper, gracias a la norma DIN- 28011 podemos conocer más datos acerca de los fondos:

R=De	110,5	[in]	2,807	[m]
r= R/10	11,05	[in]	0,281	[m]
h1 ≥ 3,5e	1,44	[in]	0,036	[m]
h2= 0.1935De-0.455e	20,73	[in]	0,526	[m]
H= h2+h1+e	22,58	[in]	0,573	[m]
Di=De-2*t	109,7	[in]	2,786	[m]
V _{FONDO} = 0.1(Di) ³	131939,5	[in ³]	2,162	[m ³]

Estos Parámetros nos permitirán luego calcular con mayor precisión el volumen y la altura del recipiente.

C. CABEZAS:

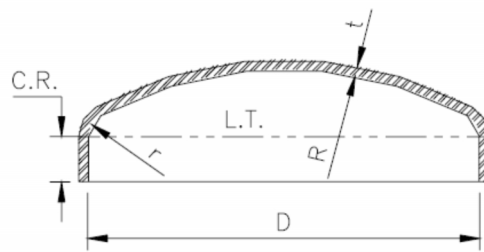
Para el caso de la Cabeza el cálculo es el mismo, es necesario comprobar la presión :

Pdis _A	32,32	[PSI]
Pdis _B	59,38	[PSI]

Utilizaremos una presión de diseño de 60 PSI.

Aplicando la Ecuación:

$$t, cabeza = \frac{Pdis \cdot L \cdot M}{2SE - 0,2Pdis} + C1 + C2$$



TORIESFERICA

Utilizando los siguientes datos:

P,operación	29,38	[PSI]
P,estatica	0	[PSI]
Di	110,32	[in]
C1	0,0394	[in]
C2	0,0169	[in]
M	1,54	[in]
L	110,50	[in]
E	0,85	[adim]
S	20014,45	[lb/in ²]

*La presión estática en cabezas es 0 Pa, porque la altura del líquido en cabezas es 0.

De la misma manera que con el caso anterior podemos calcular:

R=De	110,3	[in]	2,80	[m]
r= R/10	11,03	[in]	0,28	[m]
h1 ≥ 3,5e	1,24	[in]	0,03	[m]
h2= 0.1935De-0.455e	20,78	[in]	0,53	[m]
H= h2+h1+e	22,37	[in]	0,568	[m]
Di=De-2*t	109,6	[in]	2,78	[m]
V_{CABEZA}= 0.1(Di)³	131701	[in ³]	2,16	[m ³]

D. CONCLUSIONES DEL DISEÑO MECÁNICO

Sumando las distintas del fondo, la cabeza y la envolvente podemos conocer la altura, al igual que con los distintos volúmenes.

Altura Total Reactor , H_{reac}	6,59	[m]
Volumen Total, V_{reac}	30,2	[m ³]
Altura Fondo, H_{fondo}	0,57	[m]
Altura Cabeza , H_{Cabeza}	0,57	[m]
Altura Envolvente , H_{env}	4,20	[m]
Volumen Fondo , V_{fondo}	2,16	[m ³]
Volumen Cabezas , V_{cabeza}	2,16	[m ³]

E. SOPORTES:

Las condiciones para aplicar las ecuaciones de soportes en forma de columnas son:

1. Una máxima Relación de esbeltez de 120.
2. Un esfuerzo máximo permisible a compresión a las columnas de 15000 lb/inch².

Donde la esbeltez:

$$K = \frac{\text{Altura del recipiente}}{\text{Diametro}} = \frac{6.59}{2.8} = 2,35$$

Y el cálculo del esfuerzo máximo permisible a compresión se hace gracias a una ecuación proporcionada por el libro "Pressure Vessel Handbook. Eugene F. Megyesy. Sixth Edition 1992.":

$$Sc = \frac{18000}{L + (L^2 / 18000 \cdot r^2)}$$

Donde L es la longitud de los soportes, suponiendo una longitud de 1,25 m .

Y “r” el radio de giro de cada columna, obtenido previamente en el diseño de los fondos

Obtenemos: $Sc = 14399 \text{ [lb/in}^2\text{]}$

Por tanto podemos utilizar soportes en forma de columnas , dado el peso y la estabilidad se utilizaran 4 columnas para soportar el recipiente.

A continuación se determinará el área neta de sección de cada columna mediante la ecuación:

$$A = \frac{P}{Sc}$$

Donde

A=Sección de cada columna

P=Carga aplicada en cada columna

Para saber la carga aplicada en cada columna es necesario primero calcular el peso del equipo en operación:

Sabiendo que :

$$Peso_{CUERPO} = \pi \cdot H_{CILINDRO} \cdot \left(\left(\frac{D_{ext}}{2} \right)^2 - \left(\frac{D_{int}}{2} \right)^2 \right) \cdot \rho_{acero}$$

Y que :

$$Peso_{Fondo} = \rho_{acero} \cdot \left((0.0809 \cdot D_{ext}^3) - (0.0809 \cdot D_{int}^3) \right)$$

Obtenemos:

DENSIDAD [18Cr-8Ni (AISI 304)]	0,29	[lbs/in ³]
	8,03	[g/cm ³]
	8030	[Kg/m ³]

PESO DE CABEZAS , M_{CABEZAS}	272,9	[Kg]
PESO DE FONDO, M_{FONDO}	272,9	[Kg]
PESO ENVOLVENTE , M_{ENV}	996,5	[Kg]
PESO TOTAL EQUIPO VACIO, M_{TOT.VACIO}	1542,4	[Kg]
PESO EN OPERACIÓN, M_{TOT}	31542,4	[Kg]

Suponiendo que el tanque está totalmente lleno de agua, podemos calcular su peso de operación y sustituyendo

Calculando los parámetros, obtenemos:

SECCIÓN MINIMA DE SOPORTES		
Carga máxima Aplicada , M_{full}	61542	[Kg]
	135676	[lb]
Numero de columnas , N_{col}	4	[-]
Carga por columna, M_{col}	33919	[lb]
Area minima , A_{col min}	2	[in ²]
	1520	[mm ²]
	15	[cm ²]
Area de columna	15	[cm ³]

3.1.2. AIREACIÓN Y AGITACIÓN

La metodología que se seguirá para determinar los parámetros de característicos de aireación serán:

- 1. Concentración de saturación de O₂**
- 2. Geometría del bioreactor**
- 3. Calcular la K_La**

1. CONCENTRACIÓN DE SATURACIÓN DE O₂:

Para estimar la concentración de Saturación para las condiciones de reacción del microorganismo, que eran una temperatura de operación e 30°C , ya que se trataba de un microorganismo de tipo mesofilo y una presión de operación de 1 atm.

A partir de esas premisas y aplicando la Ley de Henry:

$$H_{O_2} = \frac{P_{O_2}}{C_L^*} \rightarrow C_L^* = \frac{P_{O_2}}{H_{O_2}}$$

Y utilizando valores bibliograficos de la constante de henrry para el oxígeno puro en función de la temperatura podemos elaborar una tabla a partir de la cual podemos conocer el valor de la concentración de oxígeno puro en el medio en función de la Temperatura de operación y la Presión Parcial del Oxígeno en el medio .

Los datos bibliográficos utilizados pueden encontrarse en el apartado 3.5.3 de este documento.

Se obtiene, como se puede comprobar, un valor de C_L*=7,9 mg /L.

Sin embargo se ha considerado en el diseño que se utilizaría un 30 % de la concentración de saturación para alimentar el medio, entonces la concentración real del caudal que alimentemos será de:

PTOTAL 1 atm		
DO2	30,00%	
PO2	0,21	atm
CL*	4,42E-06	fracc. molar
	0,25	mmol O2/L
	7,86	mg/L
[CL*] Real	2,36	mg/L

Supondremos una concentración real de 2.4 mg/L.

2. GEOMETRÍA DEL BIOREACTOR:

Para la estimación de la geometría del reactor se utilizó el libro “StirredTankBioreactors.in: Comprehensive Biotechnology, (Ed.) M.Y.Editor-in Chief: Murray, Vol.2, Academic Press. Burlington escrito por García-Ochoa, Santos y Gómez,” donde expone las siguientes analogías:

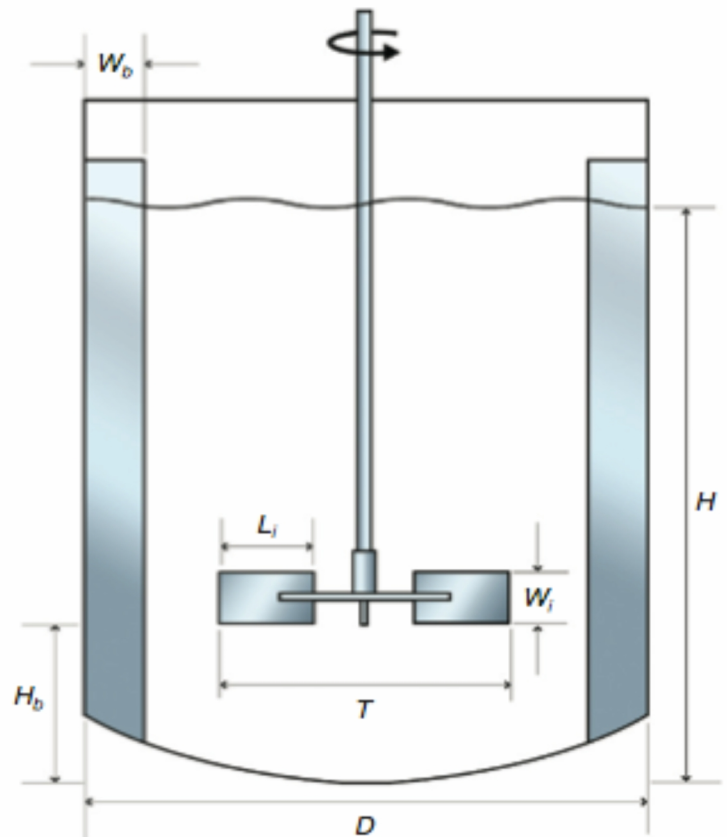


Figure 1 Basic stirred tank design with a radial impeller (Rushton turbine) and four equally spaced baffles.

Table 1 Typical dimension ratios among parameters in **Figure 1**

T/D	H/D	L_i/T	W_i/T	H_b/T	W_b/D
0.3–0.6	1–2 (until 4)	0.25	0.2	1	0.1

Suponiendo que en los reactores va a haber un 15% de volumen libre para el aire y el dióxido de carbono de la fermentación, se supuso un diámetro interno de 2,8 m y a partir de ese dato el resto de los valores fueron estimados:

2. Geometría		
H/D	1,5	
T/D	0,33	
L/T	0,25	
Wi/T	0,2	
Hb/T	1	
Wb/D	0,2	

D	2,8	[m]
T	0,924	[m]
L	0,231	[m]
H	4,2	[m]
Wi	0,1848	[m]
Hb	0,924	[m]
Wb	0,56	[m]
V LIQUIDO	25,86	[m3]

3. CALCULAR LA K_La :

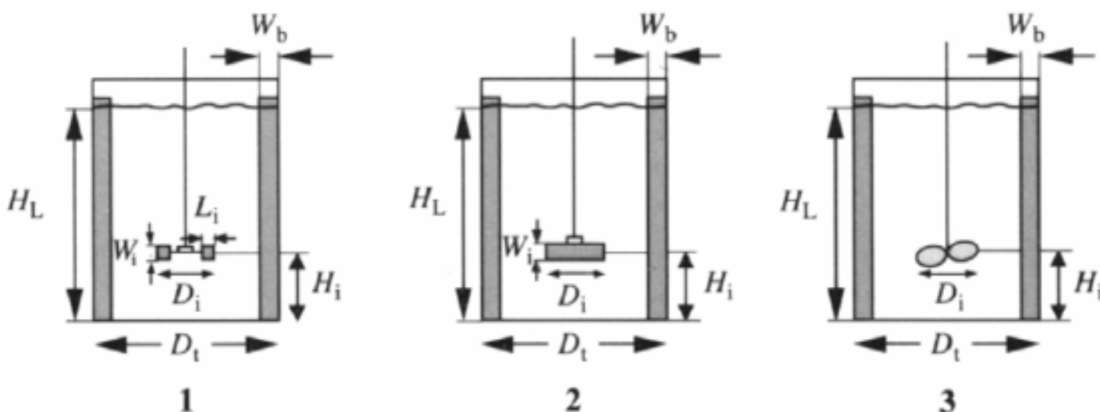
Para determinar las necesidades de aireación de un medio es necesario calcular un parámetro característico de este tipo de procesos, el producto del coeficiente global de transferencia de materia por el área interfacial por volumen de reactor, más conocido como K_La .

Este parámetro nos permite determinar el grado de aireación del medio situándose en un valor promedio de 300-400 h^{-1} en el caso de bioreactores industriales.

El procedimiento del cálculo se realiza en 3 pasos:

1. Cálculo de la Potencia de agitación

Para determinar la potencia de agitación que moverán los alabes dentro del reactor necesitaremos determinar primero el tipo de rodete que iremos a utilizar:



Impeller	D_t / D_i	H_L / D_i	H_i / D_i	Baffles	
				W_b / D_t	Number
1. Rushton turbine $W_i / D_i = 0.2, L_i / D_i = 0.25$	3	3	1	0.1	4
2. Paddle $W_i / D_i = 0.25$	3	3	1	0.1	4
3. Marine propeller Pitch = D_i	3	3	1	0.1	4

En el caso de estudio se seleccionará un impulsor de tipo Rushton.

A partir de este dato y, calculando el número de Reynolds (Re) podemos conocer el número de potencia y gracias a él, la potencia de agitación mediante esta gráfica:

Primero determinaremos el número de Reynolds:

$$Re = \frac{\rho \cdot N \cdot D_{imp}^2}{\mu}$$

Dónde:

ρ , Densidad del líquido	[Kg/m ³]
μ , Viscosidad del medio	[Kg/m·s]
D_{imp} , Diametro del impulsor	[m]
N, Velocidad de agitación	[s ⁻¹]

Sabiendo que la relación entre el diámetro del impulsor y del tanque es de 3, como podemos comprobar en la tabla de selección de impulsores, se determina el del impulsor utilizando un diámetro de 2,8.

Antes de resolver el cálculo, necesitamos conocer el valor de la velocidad de agitación del impulsor.

Existen diversas formas de obtener este parámetro, se utilizará una forma para determinarlo a partir del tiempo de mezclado que sigue las siguientes expresiones:

$$t_m = 5.9 D_T^{2/3} \left(\frac{\rho V_L}{P} \right)^{1/3} \left(\frac{D_T}{D_i} \right)^{1/3}$$

Dónde:

ρ , Densidad del líquido	1130	[Kg/m ³]	P, Potencia Ficticia	38795	[W]
D_T , Diámetro del tanque	2,8	[m]	tm, tiempo de mezclado	10,70	[s]
D_i , Diámetro del impulsor	0,924	[m]			
V_L , Volumen de liquido	25,8	[m ³]			

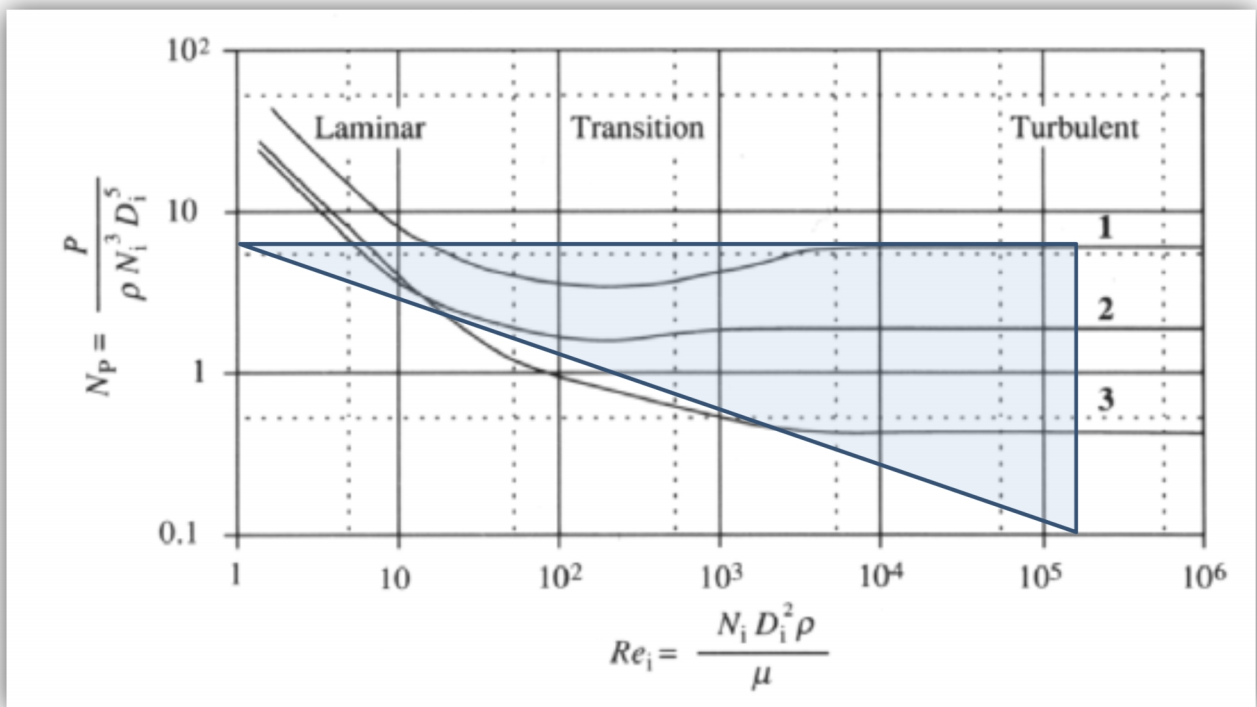
* Se ha estimado bibliográficamente una Potencia media igual a 1500 W/m³ Fluido.

A partir de ese dato del tiempo de mezclado, utilizando otra correlación que relaciona el tiempo de mezclado con la velocidad del impulsor:

$$t_m = \frac{5.4}{Ni} \left(\frac{1}{N_p'} \right)^{1/3} \left(\frac{D_T}{D_i} \right)^2 \longrightarrow Ni = \frac{5.4}{t_m} \left(\frac{1}{N_p} \right)^{1/3} \left(\frac{D_T}{D_i} \right)^2$$

Donde se conocen todos los datos menos el Número de potencia:

Suponiendo que el flujo dentro del reactor vaya a tener un comportamiento turbulento, estimamos un Número de Potencia de 8.



* Los numero 1, 2 y 3 de la gráfica se corresponden con los números de impulsor en la imagen de selección de impulsores, siendo el número 1 el referido al tipo Rushton.

$$Ni = \frac{5.4}{t_m} \left(\frac{1}{N_p} \right)^{1/3} \left(\frac{D_T}{D_i} \right)^2$$

Sustituyendo en la ecuación obtenemos una velocidad de agitación de 0,254 s⁻¹.

Que sustituyendo en la Ec de Reynolds, se obtiene:

ρ , Densidad del líquido	1130,0	[Kg/m ³]
μ , Viscosidad del medio	8,28E-04	[Kg/m·s]
D _{imp} , Diametro del impulsor	0,924	[m]
N, Velocidad de agitación	0,254	[s ⁻¹]
Re, Número de Reynolds	2,96E+05	[Adim]

Como podemos comprobar, el número de Reynolds da un régimen turbulento con lo que la suposición queda comprobada.

Finalmente, podemos calcular la Potencia, mediante la expresión:

$$P=N_p \cdot \rho \cdot N^3 \cdot D^5$$

ρ , Densidad del líquido	1130,0	[Kg/m ³]
N _p , Número de potencia	8	[Adim]
D _{imp} , Diametro del impulsor	0,924	[m]
N, Velocidad de agitación	0,254	[s ⁻¹]
P, Potencia Calculada	34028,5	[W]
P _{Real} , Potencia Real	45258,0	[W]

Considerando además que la potencia real será un 30% mayor que la calculada y que se utilizarán dos impulsores en lugar de uno:

$$P_{Total}=n \cdot P_{Real}$$

Se obtiene una P_{Total}= 90515,7 [W].

2. Cálculo de la potencia de agitación con aireación:

La potencia de agitación con aireación (P_g), se determina mediante la ecuación de Michel y Miller:

$$P_g = K \left(\frac{P^2 \cdot N \cdot D_{imp}^3}{Q_a^{0,56}} \right)^{0,45}$$

Dónde:

K , constante del reactor	[Adim]
Q_a , Caudal de aire	[m ³ /s]
D_{imp} , Diametro del impulsor	[m]
N, Velocidad de agitación	[s ⁻¹]
P, Potencia sin aireación	[W]
P_g , Potencia con aireación	[W]

K toma un valor u otro en función del volumen del reactor, siendo 1 para volúmenes de fermentación mayores de 1000 L y 0,72 para reactores de volúmenes inferiores.

El único dato desconocido es el caudal de aire, para determinar el caudal de aire en estos casos se suele tomar un valor de entre 0,6 y 1,2 vvm.

Donde vvm es una unidad específica de los procesos fermentativos, donde la primera v se refiere a al volumen de aire , la segunda al volumen de medio y la m a la unidad de tiempo , el minuto.

Es decir:

2 vvm [L/L/min] significa que en un minuto hay dos litros de aire pasando por un volumen de medio igual a 1 L.

Partiendo de esta premisa, se puede conocer el caudal de aire en L/min multiplicando simplemente por los litros de medio, expresando eso en m³/s:

$$Q_a \text{ [m}^3\text{/s]} = \text{vvm} \cdot V_{\text{LIQ}}[\text{m}^3]/60$$

De esta manera, si suponemos 1 vvm en nuestro reactor, el caudal de aire será:

$$Q_a = 1 \cdot 25,8 / 60 = 0,43 \text{ [m}^3\text{/s]}$$

Sustituyendo en la ecuación anterior:

$$P_g = K \left(\frac{P^2 \cdot N \cdot D_{\text{imp}}^3}{Q_a^{0,56}} \right)^{0,45}$$

K, constante de	1	[Adim]
Q _a , Caudal de aire	0,43	[m ³ /s]
D _{imp} , Diametro del impulsor	0,924	[m]
N, Velocidad de agitación	0,254	[s ⁻¹]
P, Potencia sin aireación	90515,7	[W]
P _g , Potencia con aireación	17350,0	[W]

3. Cálculo de la K_La :

Una vez conocida el valor de la potencia contemplada la aireación del medio , podemos calcular fácilmente el valor de K_La , mediante la siguiente analogía de Ecuación de Blanch y Clark para medios con baja viscosidad.

$$K_La = 2.6 \cdot 10^{-2} \left(\frac{P_g}{V} \right)^x V_s^y$$

Dónde:

x , coeficiente del medio	[Adim]
y , coeficiente del medio	[Adim]
Vs, velocidad del aire	[m/s]
V , Volumen del liquido	[m ³]
P _g , Potencia con aireación	[W]
K_La	[s ⁻¹]

La única restricción que tiene esta ecuación es que la relación de P_g/V_{LIQ} se encuentre entre 0,5 y 10 [KW/m³];

Calculando obtenemos un valor de 0.67 KW/m³, así que nos encontramos en el rango donde aún es aplicable.

El valor de x e y viene dado por el siguiente criterio:

x: coeficiente, 0,4 para dispersiones claras, 0,7 para medios turbios.

y: coeficiente, 0,5 para dispersiones claras, 0,2 para medios turbios.

En nuestro caso, se trata de una dispersión clara así que utilizaremos 0,4 y 0,5 para x e y respectivamente.

→ El único dato necesario para resolver el cálculo es la velocidad del aire, esta se determinará mediante:

$$v_s = \frac{Q_a}{A} = \frac{\text{Caudal aire}}{\text{Área}}$$

El área al que se refiere la ecuación es el área transversal del recipiente:

$$A = \pi \cdot \left(\frac{D_T^2}{4} \right) = 6,2 \text{ m}^2$$

Calculando finalmente la velocidad, obtenemos una velocidad de 0,07 m/s.

→ Volviendo a la expresión de KLa y sustituyendo:

$$K_L a = 2.6 \cdot 10^{-2} \left(\frac{P_g}{V} \right)^x V_s^y$$

x , coeficiente del medio	0,4	[Adim]
y , coeficiente del medio	0,5	[Adim]
Vs, velocidad del aire	0,07	[m/s]
V , Volumen del liquido	25,8	[m³]
Pg, Potencia con aireación	17350,0	[W]
KLa	9,28E-02	[s ⁻¹]
	334	[h ⁻¹]

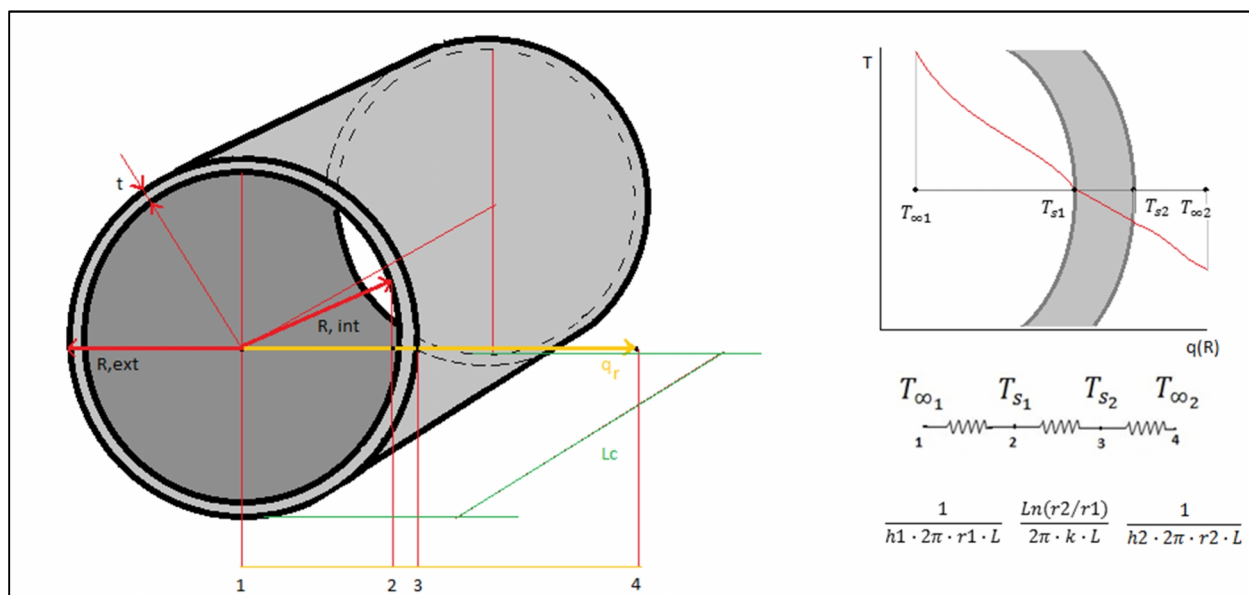
El valor obtenido es perfecto, así que no será necesario introducir una nueva concentración de aire, siendo la suposición de 1vvm correcta para el diseño.

KLa	(h ⁻¹)
Matraz	200-400
Fermentador Laboratorio	60-500
Fermentador Industrial	100-400

3.1.3. CONTROL DE LA TEMPERATURA

3.1.3.1. CALCULO DE LA U

Para determinar el coeficiente global de transferencia de energía se consideró el siguiente esquema:



Donde se analizan tres resistencias, la interior debida a la convención forzada del fluido en el interior del reactor, una intermedia que contabiliza el efecto de la conducción a través del metal y finalmente la convención natural del aire de los alrededores con el tanque.

Dimensiones de el Tanque		
r1, Radio Interno	1,4000	[m]
r2, Radio Externo	1,4050	[m]
t , espesor	0,0034	[m]
L , Longitud	4,20	[m]

A continuación comenzaremos a detallar el cálculo de cada una de las resistencias:

1. Convección forzada
2. Conducción
3. Convección natural

CONVECCIÓN FORZADA:

Como en el interior del reactor el fluido esta tan diluida, se supondrá la densidad del fluido igual a la del agua a la temperatura de operación 30°C (303 K).

A partir de las propiedades del agua saturada a la temperatura de operación, datos que se pueden comprobar en el apartado 3.54 de este documento:

V fluido	0,07	[m/s]
K fluido	0,68	[W/m·K]
ρ fluido	1004,0	[kg/m ³]
Cp fluido	4,21	[KJ/K·Kg]
μ (agua)	2,89E-04	[Kg/m·s]
Pr	1,8	

Se supone una velocidad del fluido dentro del líquido igual a la velocidad de la pala del agitador.

Aplicando la ecuación de Reynolds podremos conocer el régimen en el que nos encontramos y junto con la geometría que se ha adoptado, geometría cilíndrica, podremos escoger una expresión bibliográfica del Nusselt u otra:

$$Re = \frac{\rho v L}{\mu}$$

Dónde la longitud característica del cilindro es el diámetro interno, que en el caso de estudio es 2,8 m.

Sustituyendo obtenemos un valor de Reynolds de $6,81 \cdot 10^5$ es decir un régimen muy turbulento.

Con este dato consultamos las en la bibliografía las expresiones disponibles para el cálculo del número de Nusselt (Nu_D) en condiciones de convección forzada y régimen turbulento y obtenemos:

$\overline{Nu_D} = C Re_D^m Pr^{1/3}$ (Tabla 7.2)	(7.55b)	Cilindro	Promedio, T_f , $0,4 < Re_D < 4 \times 10^5$, $Pr \gtrsim 0,7$
$\overline{Nu_D} = C Re_D^m Pr^n (Pr/Pr_s)^{1/4}$ (Tabla 7.4)	(7.56)	Cilindro	Promedio, T_∞ , $1 < Re_D < 10^6$, $0,7 < Pr < 500$
$\overline{Nu_D} = 0,3 + [0,62 Re_D^{1/2} Pr^{1/3} \times [1 + (0,4/Pr)^{2/3}]^{-1/4}] \times [1 + (Re_D/282,000)^{5/8}]^{4/5}$ (7.57)		Cilindro	Promedio, T_∞ , $Re_D Pr > 0,2$

Elegimos la tercera expresión por cumplir los requisitos y porque es más precisa que las otras dos:

$$\overline{Nu_D} = 0,3 + \left[0,62 \cdot Re_D^{0,5} \cdot Pr^{\frac{1}{3}} \cdot \left[1 + (0,4 / Pr)^{\frac{2}{3}} \right]^{-\frac{1}{4}} \right] \cdot \left[1 + \left(\frac{Re_D}{282000} \right)^{\frac{5}{8}} \right]^{\frac{4}{5}}$$

Sustituyendo, obtenemos:

$$\overline{Nu_D} = 1287,5$$

A partir de la expresión general del Nusselt , podemos estimar coeficiente de convección forzada h :

$$Nu = \frac{h \cdot L_c}{k}; \quad Nu_D = \frac{h \cdot D}{k} \rightarrow h = \frac{k \cdot Nu_D}{D}$$

Obtenemos un coeficiente convectivo h_1 igual a 312,22 [W/m²·K].

Sustituyendo los valores en la expresión correspondiente a la resistencia de la convección forzada:

$$R_1 = \frac{1}{h_1 \cdot 2\pi \cdot r_1 \cdot L} = 8,65 \cdot 10^{-5} \left[\frac{K}{W} \right]$$

CONDUCCIÓN:

En el caso de la conducción, buscando bibliográficamente la conductividad térmica del AISI 304:

K, AISI 304	17	[W/m·K]
-------------	----	-----------

Sustituyendo el valor en la expresión de la resistencia conductiva:

$$R_2 = \frac{\ln(r_2/r_1)}{2\pi \cdot k \cdot L} = 5,33 \cdot 10^{-6} \left[\frac{K}{W} \right]$$

CONVECCIÓN NATURAL:

El aire del alrededor del reactor se encuentra a temperatura ambiente y si suponemos que la temperatura del tanque es igual a la operación, se tomarán las propiedades del aire a una temperatura intermedia entre ambas 27.5°C (300,5 K).

A partir de las tablas de propiedades termofísicas de gases a presión atmosférica se obtuvieron los siguientes datos que se pueden comprobar en el apartado 3.55 de este documento:

α	2,57E-05	[m ² /s]
β	0,003	[K ⁻¹]
L envolvente	4,20	[m]
g	9,8	[m/s ²]
V, viscosidad cinemática	1,81E-05	[m ² /s]
Pr	0,7	[Adim]
K aire	2,79E-02	[W/m·K]

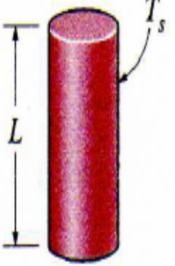
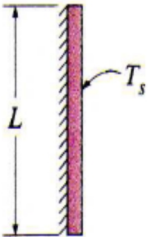
*Se supuso que el aire actúa como un gas ideal y que $\beta=1/T_{\infty}$

Con los parámetros obtenidos se determinó el número adimensional de Grashof:

$$Gr_L = \frac{g \cdot \beta \cdot (T_{s,2} - T_{\infty,2}) \cdot L^3}{\nu^2}$$

Sustituyendo los datos obtenemos un valor de Gr_L de $3,73 \cdot 10^{10}$.

Consultando las tablas para convección natural:

<p>Cilindro vertical</p> 	<p>L</p>		<p>Un cilindro vertical puede tratarse como una placa vertical cuando</p> $D \geq \frac{35L}{Gr_L^{1/4}}$
Configuración geométrica	Longitud característica L_c	Intervalo de Ra	Nu
<p>Placa vertical</p> 	<p>L</p>	<p>$10^4 - 10^9$ $10^9 - 10^{13}$ Todo el intervalo</p>	<p>$Nu = 0.59Ra_L^{1/4}$ (9-19) $Nu = 0.1Ra_L^{1/3}$ (9-20) $Nu = \left\{ 0.825 + \frac{0.387Ra_L^{1/6}}{[1 + (0.492/Pr)^{9/16}]^{8/27}} \right\}^2$ (9-21) (compleja pero más exacta)</p>

Primero comprobamos si es aplicable la expresión de placa plana:

$$D \geq \frac{35L}{Gr_L^{0.25}}$$

Sustituyendo en el cociente se obtiene que $2.8 \geq 0.33$, por lo tanto es aplicable.

Para aplicar la expresión para placa plana es necesario calcular el número adimensional de Raileigh que es igual al producto del Grashol por el Prandlt;

$$Ra = Gr \cdot Pr = 2,61 \cdot 10^{10}$$

A pesar de que podríamos seleccionar la segunda ecuación , seleccionaremos la tercera por ser más precisa:

$$Nu = \left\{ 0,825 + \frac{0,387 \cdot Ra_L^{1/6}}{\left[1 + (0,492 / Pr)^{9/16} \right]^{8/27}} \right\}^2$$

Sustituyendo en la expresión obtenemos un número de Nusselt de :

$$Nu_L = 341,28$$

Sustituyendo en la expresión genérica del Nusselt , obtenemos un coeficiente de convección natural:

$$\overline{Nu} = \frac{h_L \cdot L}{K}; h_2 = 2,27 \left[\frac{W}{K \cdot m^2} \right]$$

De nuevo, sustituyendo en la expresión de la resistencia:

$$R_3 = \frac{1}{h_2 \cdot 2\pi \cdot r_2 \cdot L} = 0,0058 \frac{K}{W}$$

Tras haber calculado las tres resistencias calculamos, el coeficiente global de transferencia de calor U:

$$U \cdot A = \frac{1}{R_1 + R_2 + R_3} \rightarrow U = \frac{1}{R_{TOTAL} \cdot A}$$

Suponiendo que el Área es la superficie de la envolvente con un valor de A=36,95 m² y que la Resistencia Total tiene un valor de R_T=5,87·10⁻³ K/W:

$$\mathbf{U=4,61 [W/K \cdot m^2]}$$

3.1.3.2. DISEÑO SERPENTÍN

Para controlar la temperatura en el interior del reactor se diseñó un serpentín para mantener la temperatura de operación en la temperatura óptima para el microorganismo.

Primero se realizará un balance de energía al reactor:

$$Q_{ACC} = Q_{MET} + Q_{AG} + Q_{GAS} - Q_{EXCH} - Q_{EVAP} - Q_{SEN}$$

Suponiendo condiciones de estado estacionario, donde no hay acumulación de calor, $Q_{ACC}=0$, $Q_{GAS}=0$; $Q_{EVAP}=0$.

$$Q_{EXCH} = Q_{MET} + Q_{AG} - Q_{SEN}$$

A continuación procederemos a calcular cada uno de los calores individualmente:

1. Calor Metabólico:

Para determinar el calor metabólico necesitaremos conocer los calores de combustión de todos los elementos que intervienen en la reacción biológica y multiplicarlos por los coeficientes estequiométricos:



ΔH combustion	Componentes	[KJ/mol Sustrato]
Reactivos	Sustrato , Melazas	-5644,9
	O2	-
	NH3	-382,6
Productos	Biomasa	-552
	Producto	-2241,1
	CO2	-

Haciendo el productorio de Calores por coeficientes estequiométricos de Productos menos reactivos, obtenemos:

Q met	-4935,387	[KJ/mol sustrato]
-------	-----------	-------------------

Sin embargo los calores de combustión están expresados en función de moles el sustrato, así que tras calcular dicho es necesario calcular el número de moles que introducimos por lote en cada reactor:

Como se introducen 1450 Kg de Melazas (Sustrato) por cada batch, y el Peso molecular de la melaza lo supondremos 53% Sacarosa y 47 % agua:

$$PM_{\text{MELAZAS}} = (342\text{g/mol} \cdot 0,53 + 18\text{g/mol} \cdot 0,47) / 1000 = 0,1915 \text{ Kg/mol}$$

Dividiendo los 1450 Kg de Melazas por Lote entre su peso molecular, se obtienen un número de moles por Lote de $4,01 \cdot 10^{-2}$ moles de Sustrato.

Multiplicando el Qmet por el nº de moles:

Q met	197,95	[KJ/Lote]
Q met	197949,41	[J/Lote]

Finalmente, considerando que el tiempo de reacción es de 24 h (86400 s) , dividimos el Calor entre el tiempo para obtener la energía generada:

Calor metabólico, Q_{met}	2,75	[W/Lote]
--	------	------------

2. Calor de Agitación:

El calor por agitación, es el calor que se debe a la agitación del motor en el medio, se contabiliza como un 10 % del calor metabólico, es decir:

Calor por agitación ,Q_{ag}	0,275	[W/Lote]
--	-------	------------

3. Pérdida por calor sensible:

Las pérdidas producidas por la diferencia de temperatura entre el medio directamente introducido desde la unidad de esterilización que se encuentra, a cuya salida se encuentra a una temperatura de 121 °C y la temperatura de operación 30°C y a su vez el agua de refrigeración que entra a una temperatura ambiente 25°C.

Este calor se incluye por si se diera la ocasión en la que no se pudiera contar con los intercambiadores de calor por cualquier motivo y se tuviera que refrigerar temporalmente el medio dentro del propio reactor.

El calor sensible se determina mediante la siguiente expresión:

$$Q_{sen} = F \rho c_p \Delta T$$

$$Q_{sen} = Q_{sen_{sal}} - Q_{sen_{ent}}$$

Fluido alimentación, Qsen ent	326,55	[W]
Caudal Volumetrico, F	7,19E-04	[m ³ /s]
Densidad de Mezcla , ρ mezcla	1245,81	[Kg/m ³]
Calor especifico , Cp mezcla	4,05	[KJ/Kg·K]
Diferencia de temperatura, ΔT	90	[K]

Liquido Refrigerante , Qsen Sal	49,64	[W]
Caudal Volumetrico, F	2,50E-04	[m ³ /s]
Densidad de Mezcla , ρ mezcla	1000,00	[Kg/m ³]
Calor especifico , Cp mezcla	4,18	[KJ/Kg·K]
Diferencia de temperatura, ΔT	48	[K]

Resolvemos y obtenemos un valor de $Q_{SEN}= 276,91 \text{ W}$.

Despejando del Balance obtenemos un valor de calor intercambiado de:

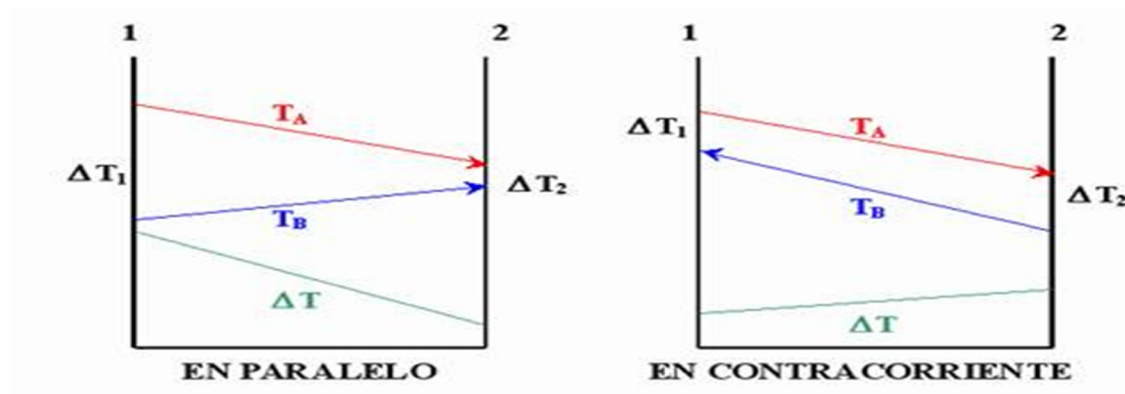
$$Q_{EXCH}=363, 91 \text{ W/Lote}$$

Para calcular el área necesitaremos:

$$Q_{exch} = U \cdot A \cdot \Delta T_{ml}$$

Por lo que primero necesitaremos estimar el incremento de Temperatura media logarítmico:

Considerando que ambas corrientes irán en contracorriente:



Tf inicial	393,0	K	ALIMENTACIÓN
Tf final	303,0	K	
Tag,ainicial	298	K	REFRIGERACIÓN
Tag,final	345,5	K	

$$\Delta T_{ml} = \frac{(T_{F_{INICIAL}} - T_{Agua_{Salida}}) - (T_{F_{FINAL}} - T_{Agua_{Entrada}})}{\ln \frac{(T_{F_{INICIAL}} - T_{Agua_{Salida}})}{(T_{F_{FINAL}} - T_{Agua_{Entrada}})}}$$

$$\Delta T_{ml} = 18,87^{\circ}C$$

Como conocemos $U=4,61$ [W/K·m²] :

Obtenemos un área de intercambio de 5,44 m².

Suponiendo que el serpentín tenga una tubería de 6,5 cm de diámetro.

$$A_{SERPENTIN} = \frac{\pi \cdot D_{tuberia} \cdot L_{tuberia}}{2};$$

Despejando la longitud de tubería , obtenemos un longitud de tubería de 53,7 m.

Dividiendo la longitud de la tubería entre el perímetro de el tanque , podemos conocer el número de vueltas que dará la tubería :

$$\text{Perimetro} = \pi \cdot D = 8,8 \text{ m}$$

$$\text{N}^{\circ} \text{ de vueltas} = 6,1 \text{ vueltas.}$$

A partir de este dato y para concluir , podemos conocer tambien la altura del serpentín multiplicando el número de vueltas por la altura de la tubería:

$$H_{\text{SERPENTIN}} = 6.1 \cdot 6,5 \cdot 10^{-2} = 0,394 \text{ m.}$$

3.1.4. ESTERILIZACIÓN

Para calcular el tiempo de esterilización se utilizó la siguiente ecuación:

$$N = N_0 \cdot 10^{-kt}$$

$$\text{Log} \left(\frac{N}{N_0} \right) = -\frac{T}{D}$$

Dónde:

- **N, número de células tras la esterilización.**

Teniendo en cuenta que un producto se considera estéril cuando la probabilidad de encontrar unidades contaminadas es menor o igual a 10^{-6} , esto sería una unidad contaminada en cada millón de unidades idénticas procesadas. ($\chi = 1 \cdot 10^{-6}$).

- **N_0 , cantidad inicial del células tras la fermentación,**

Se considerará como hipótesis que habrá 5 millones de microorganismos /gramo de melazas.

Es decir tendremos un total de $7,39 \cdot 10^9$ por lote.

- **D, Tiempo de reducción decimal**

Esto es el tiempo necesario para reducir la población microbiana en un 90%.

El valor de D se deduce cuando $D=t$ por lo tanto $N=0,1 \cdot N_0$.

Sustituyendo:
$$D = \frac{\text{Ln}(10)}{k}$$

Siendo $k=4,604 \text{ min}^{-1}$; $D=0,5 \text{ min.}$

Sustituyendo en la ecuación, obtenemos un tiempo de esterilización de:

Producción de Ácido L- Glutámico a partir de melazas de remolacha azucarera

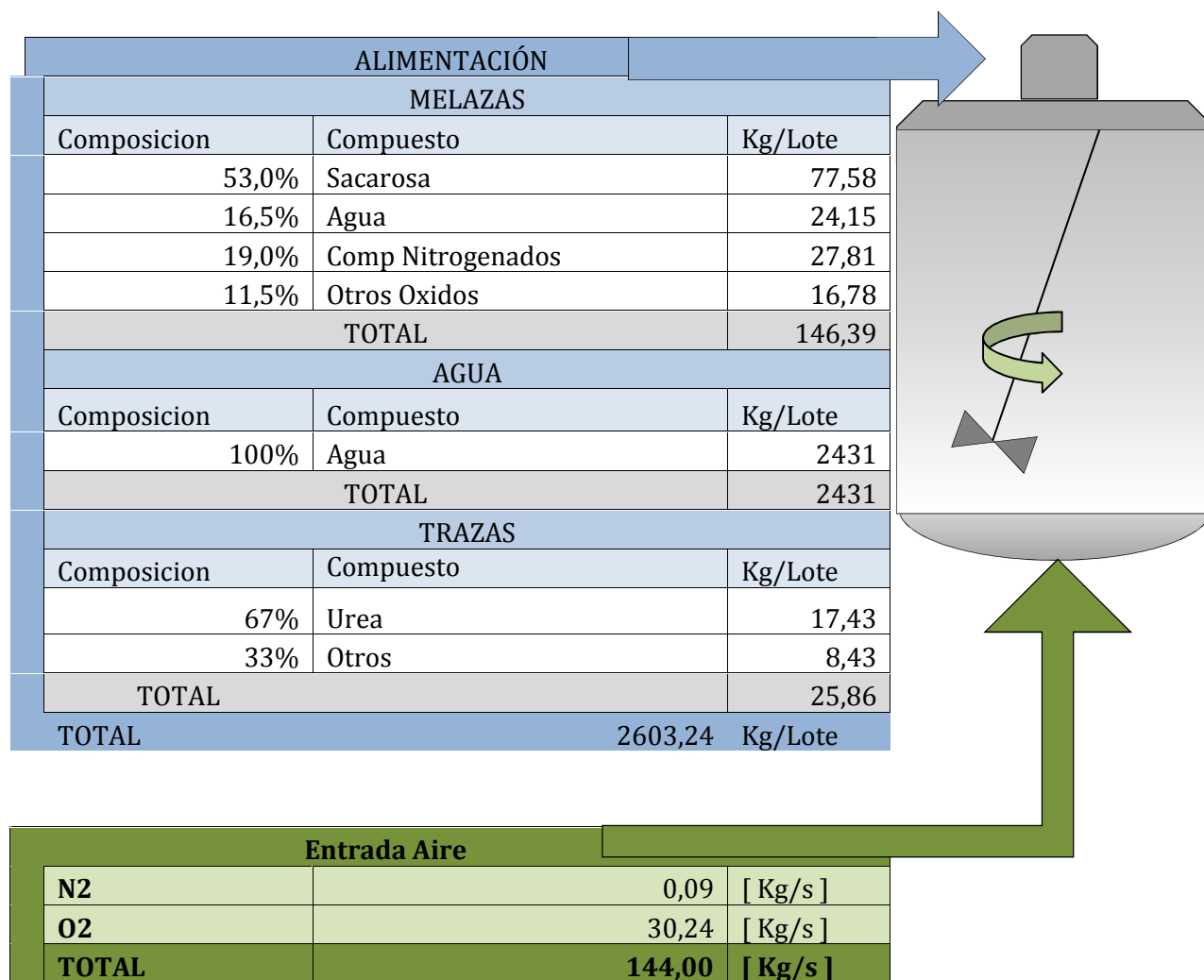
Tiempo de Esterilización		
D	4,569	min
k _M	0,504	min-1
χ	1,00E-06	%
N	7,32E+03	Microorg
No	7,32E+09	Microorg
Log(N/No)	-6,00	
T	27,4	min

3.1.5. ESCALAMIENTO

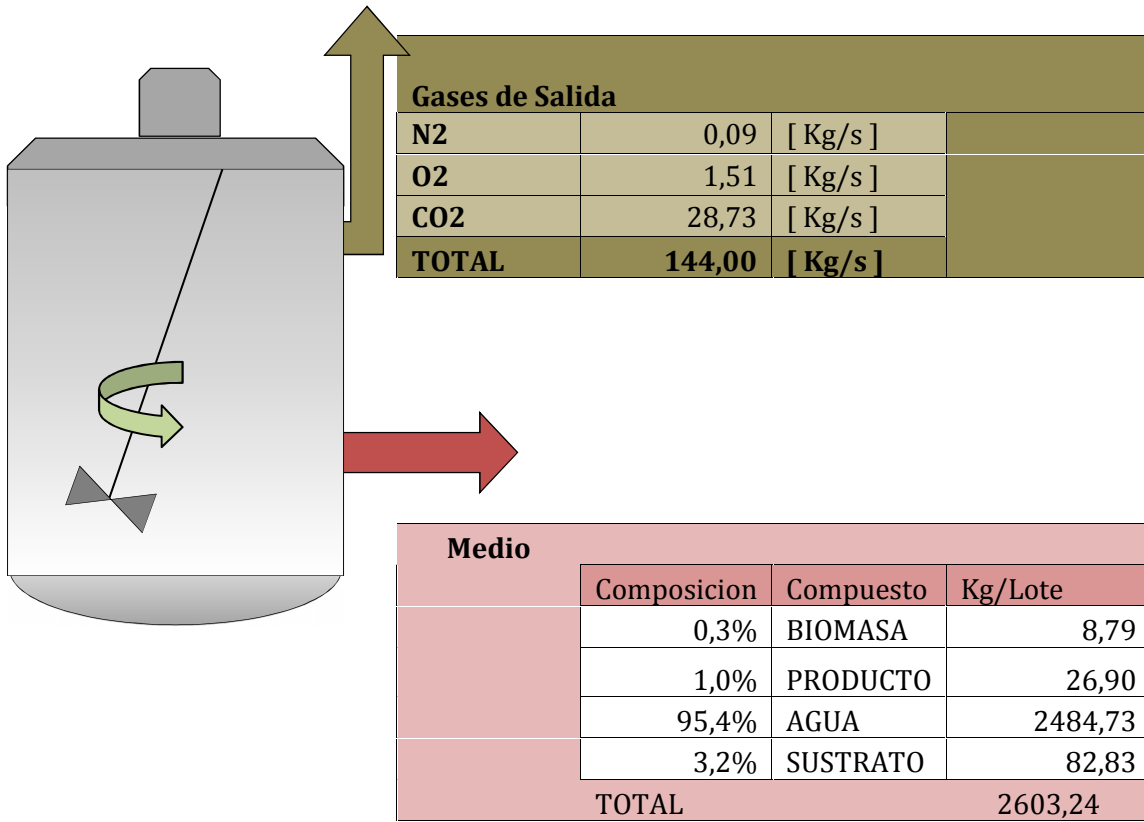
En el escalamiento se utilizó un criterio del 10% para diseñar los equipos de menor volumen, de esta manera, se resolvieron los Balances de materia de la misma manera que en el caso de los reactores o fermentadores principales, obteniendo:

Para el caso del Prefermentador 1 de 3 m³:

ENTRADA

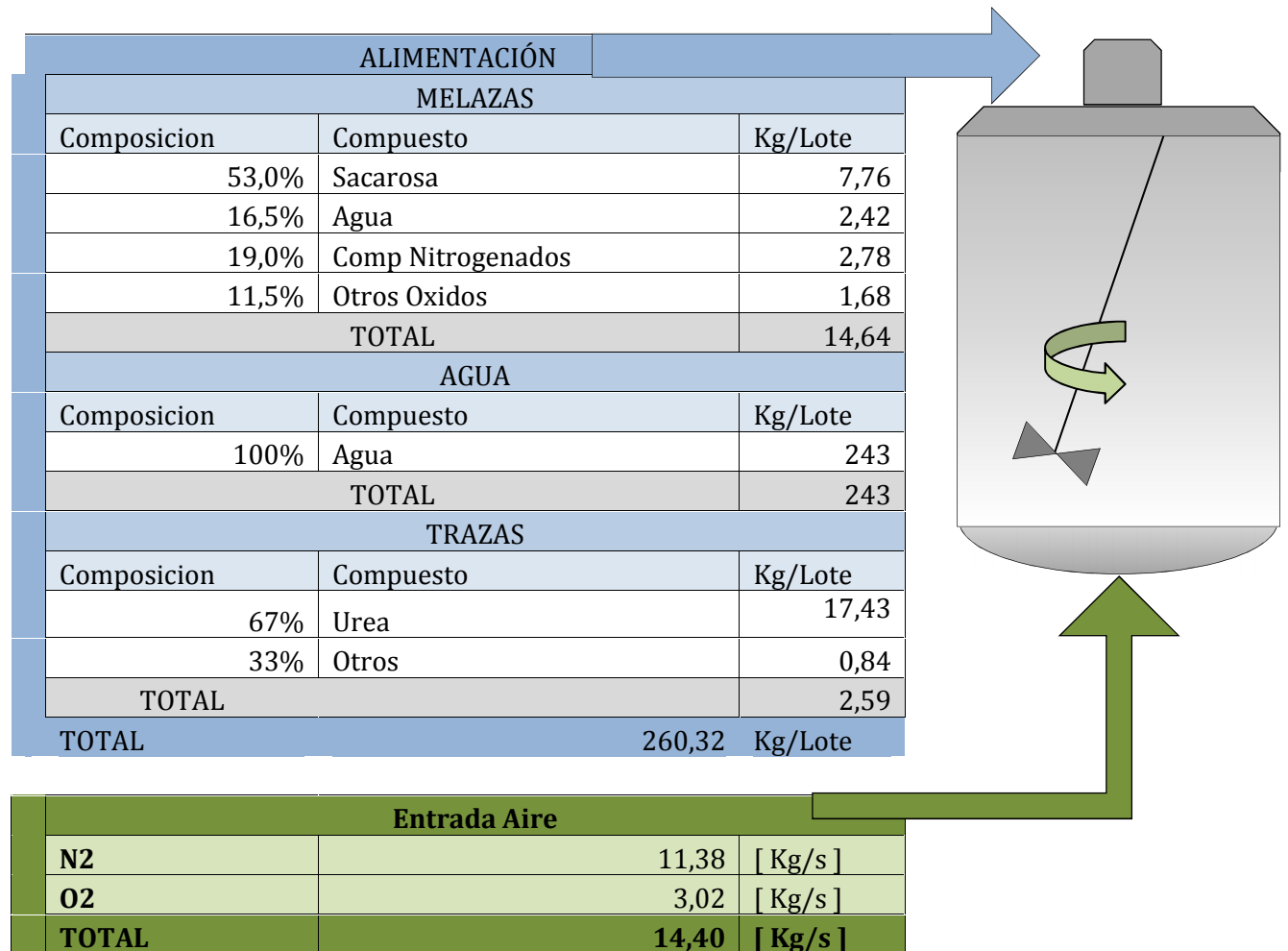


SALIDA

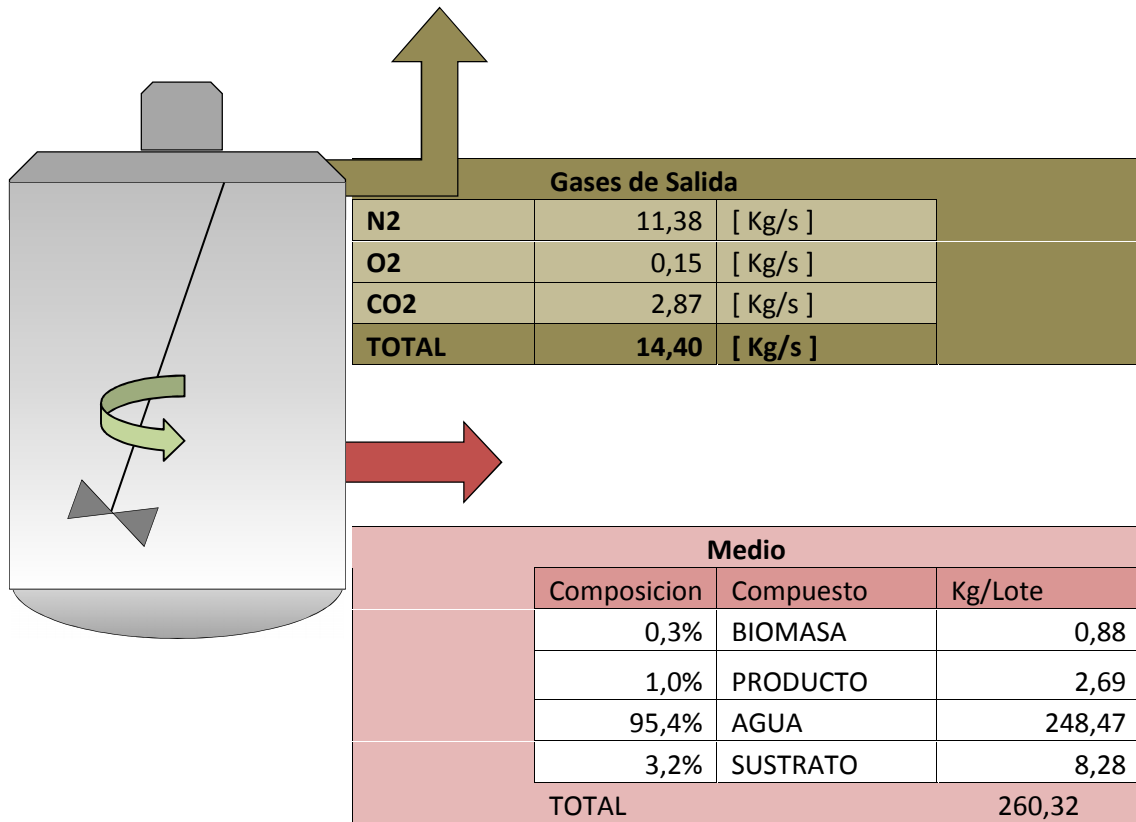


Para el Prefermentador de 300m³:

ENTRADA

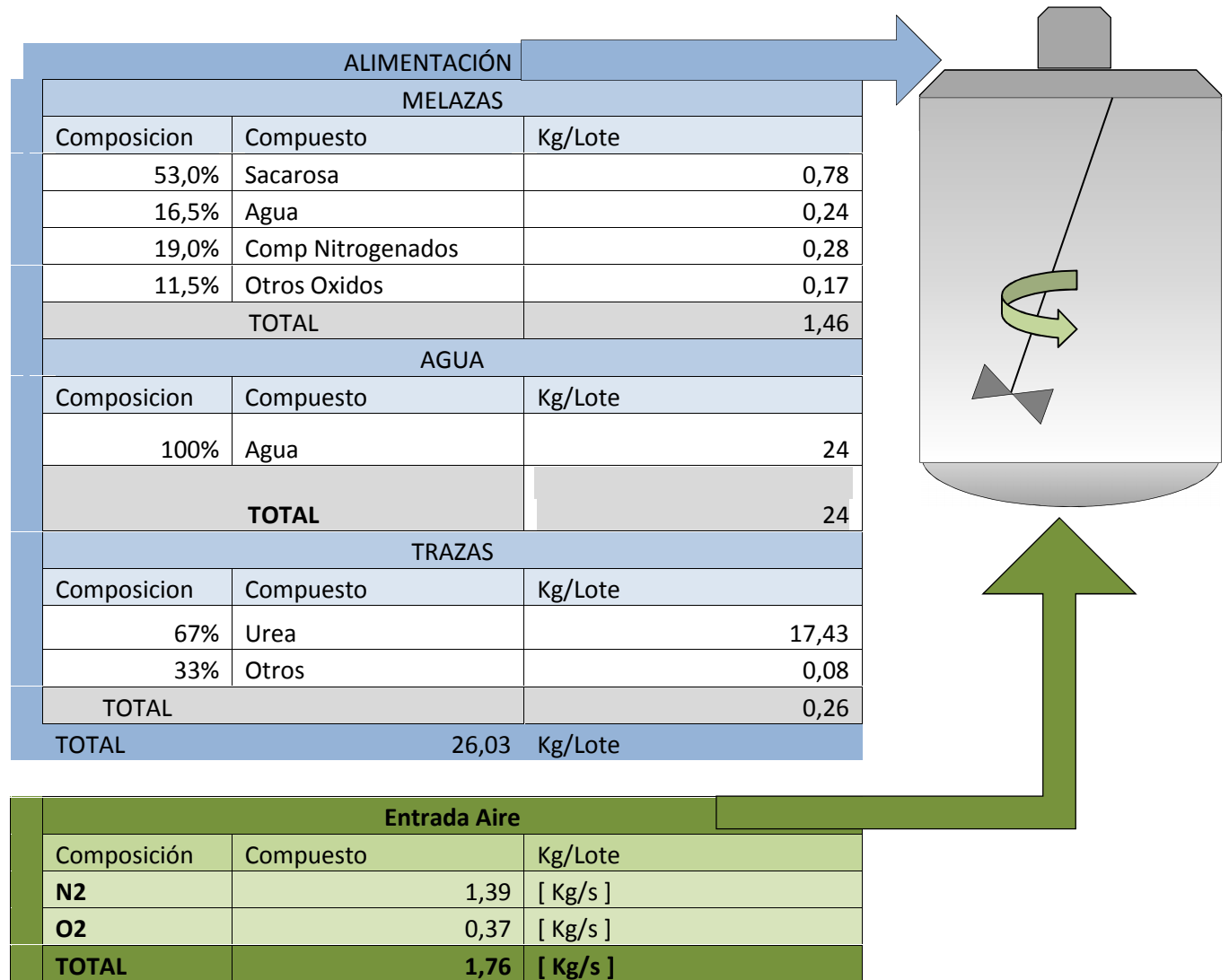


SALIDA:

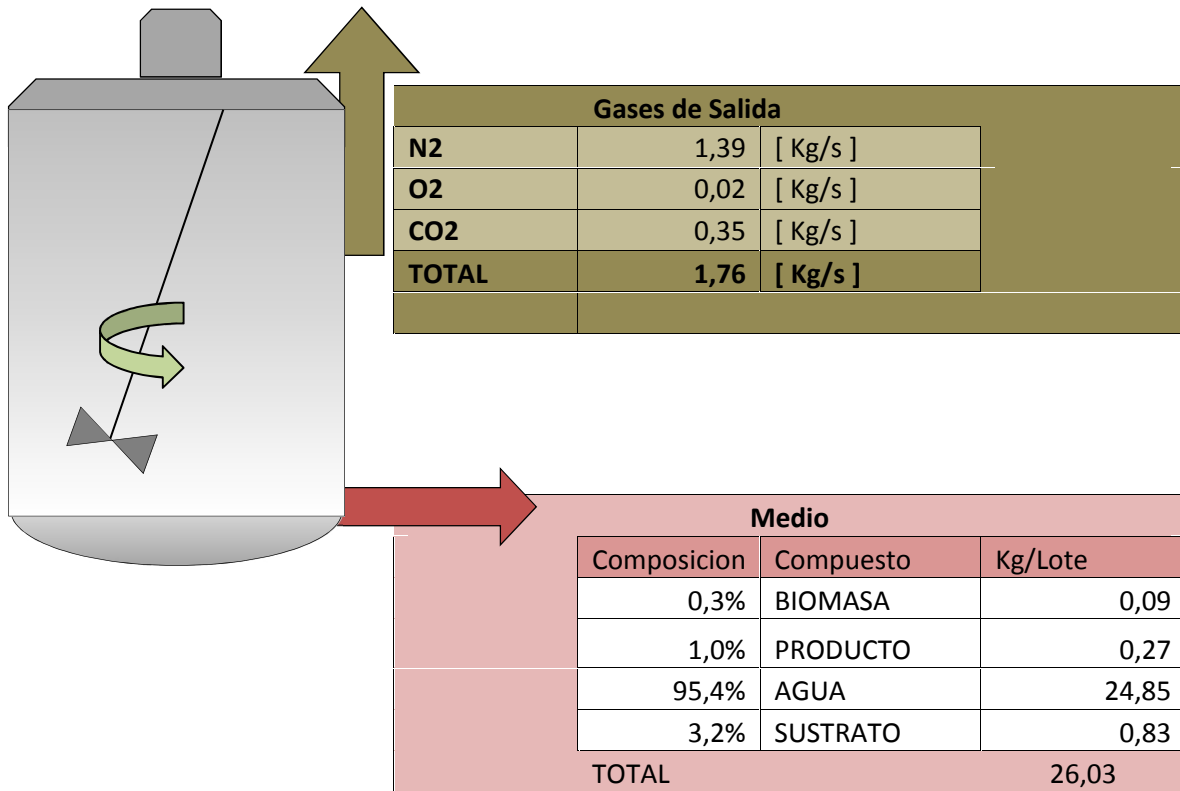


Para el Prefermentador de 30 L:

ENTRADA



SALIDA:



3.2. INTERCAMBIADOR DE CALOR

La unidad de intercambio de calor atempera la corriente de sustrato que entra desde la unidad de esterilización hasta los fermentadores principales;

La temperatura de entrada de esta corriente es de 121 °C y la de salida se desea que sea de 30°C.

El agua de refrigeración que se utilizará se introducirá a una temperatura de 25°C.

El tipo de intercambiador utilizado, como se describió en la “MEMORIA”, será un intercambiador de placas.

El calor de la corriente de alimentación se determinó mediante la ecuación:

$$Q = M \cdot C_p \cdot (T_f - T_i)$$

Dónde:

M , Caudal de Corriente	[Kg/h]
Cp, Calor específico de la corriente	[K]/Kg·K]
Tf, Temperatura final (salida , deseada)	[K]
Ti, Temperatura inicial (entrada)	[K]
Q, Calor contenido en la corriente	[K]/h]

Sustituyendo:

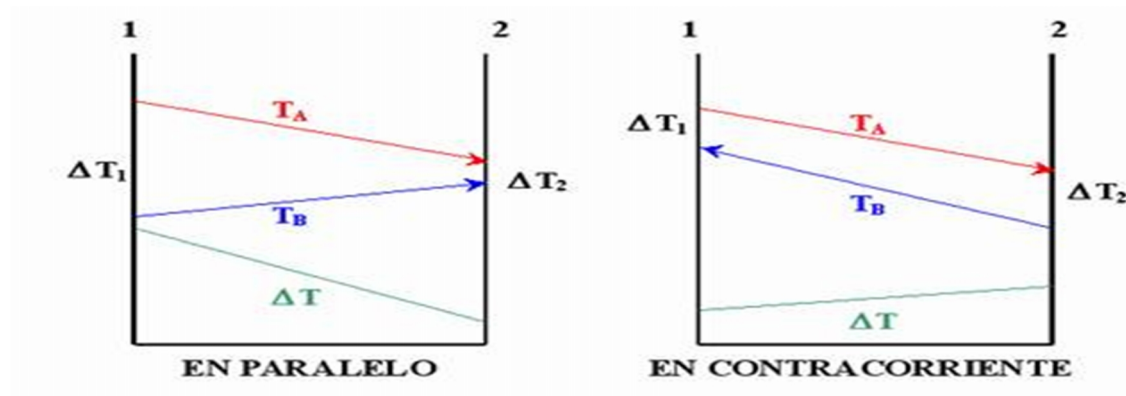
F, Caudal de alimentación	2619,33	[Kg/h]
C_p Alimentación	4,052	[KJ/Kg·K]
T_f, Temperatura final	393,0	[K]
T_i , Temperatura inicial	303,15	[K]
Q_F, Calor Alimentación	-953588,138	[KJ/h]
Q_F, Calor Alimentación	-264885,59	[W]

Para determinar el área de intercambio utilizaremos la ec:

$$Q_{exch} = U \cdot A \cdot \Delta T_{ml}$$

Por lo que primero necesitaremos estimar el incremento de Temperatura media logarítmico:

Considerando que ambas corrientes irán en paralelo:



Tf inicial	393,0	K	ALIMENTACIÓN
Tf final	303,0	K	
Tag,ainicial	298	K	REFRIGERACIÓN
Tag,final	345,5	K	

$$\Delta T_{ml} = \frac{(T_{F_{INICIAL}} - T_{Agua_{Entrada}}) - (T_{Agua_{Salida}} - T_{F_{FINAL}})}{\ln \frac{(T_{F_{INICIAL}} - T_{Agua_{Entrada}})}{(T_{Agua_{Salida}} - T_{F_{FINAL}})}}$$

$$\Delta T_{ml} = 65,26^{\circ} C$$

Como conocemos la $U=4,61$ [W/K·m²]:

$$A=880,8 \text{ m}^2$$

Utilizando a un proveedor, obtenemos bibliográficamente que:

	Area/plate, m ²	Plate side nozzles, DN	Shell side nozzles, DN
PSHE 2	0.032	25	20-80
PSHE 3	0.076	50	25-250
PSHE 4	0.15	80	25-300
PSHE 5	0.26	100	25-350
PSHE 6	0.35	125	25-500
PSHE 7	0.46	150	25-500
PSHE 9	0.80	200	25-700
PSHE 14	1.55	300	25-1000
PRHE 12	1.00	200	25-1000

Viendo cada plato, podemos estimar el número de platos necesario para cubrir nuestras necesidades de intercambio;

Utilizando el dato seleccionado obtenemos un n° de platos de 568,2 platos, que multiplicándolo por un coeficiente de seguridad del 10% nos da 625 platos.

CAUDAL DE AGUA DE REFRIGERACIÓN:

Para determinar el caudal de agua utilizaremos la ecuación:

$$Q_1 = M_1 \cdot C_{p,1} \cdot (T_{f,1} - T_{i,1})$$

$$Q_2 = M_2 \cdot C_{p,2} \cdot (T_{f,2} - T_{i,2})$$

Considerando que: $\Delta Q = 0$;

$$M_1 \cdot C_{p,1} \cdot (T_{f,1} - T_{i,1}) = M_2 \cdot C_{p,2} \cdot (T_{f,2} - T_{i,2})$$

Por tanto:

$$M_2 = \frac{M_1 \cdot C_{p,1} \cdot (T_{f,1} - T_{i,1})}{C_{p,2} \cdot (T_{f,2} - T_{i,2})}$$

Considerando la corriente 1 la Alimentación y la 2 la del agua de refrigeración:

M₁	2619,33	[Kg/h]
C_{p1}	4,05185	[KJ/Kg ·K]
T_{i, 1}	393,15	[K]
T_{f, 1}	303,15	[K]

C_{p 2}	4,178	[KJ/Kg ·K]
T_{i, 2}	298	[K]
T_{f, 2}	345,5	[K]

Obtenemos:

$$M_2 = 3\text{Kg/s} = 3\text{L/s de agua}$$

3.3. FILTROS

Para determinar el área filtrante de los equipos de filtración de las melazas se siguió el siguiente procedimiento:

1. Calculo de la Resistencia de la torta , α , mediante la ecuación de Almy y Lewis:

$$\alpha = \alpha_0 \cdot \Delta P^n \left[\frac{m}{Kg} \right]$$

Dónde

α_0 =Resistencia específica dela torta a presión 0.

ΔP = Diferencia de presiones entre la parte inferior y superior de la torta.

n =factor de compresibilidad de la torta.

2. Aplicamos la Ec. de Poiseuille:

$$\Delta P = \frac{\mu \cdot \alpha \cdot W}{S^2} \cdot \frac{dV}{dt} \cdot (v + v_e)$$

Dónde:

μ , viscosidad del medio	[Kg/m·s]
α , Resistencia de la torta	[m/Kg]
W, Peso de la torta	[Kg]
S, superficie del filtrado	[m ²]
V, volumen de filtrado	[m ³]
Ve, Volumen de filtrado de torta hipotetica	[m ³]
ΔP , Diferencia de Presiones en el filtro	Pa

Además es necesario definir también:

$$v_e = \frac{r_F \cdot S}{\alpha W}$$

Ve , es el volumen de filtrado necesario para formar una torta hipotética que tuviera la misma resistencia que el medio filtrante (r_F)

r_F =Resistencia del medio filtrante [m⁻¹]

Considerando la aproximación de Caudal constante:

$$\frac{dV}{dt} = cte$$

$$\Delta P = \frac{\mu \cdot \alpha \cdot w}{S^2} \cdot Q \cdot (v + v_e)$$

Despejando:

$$S^2 = \frac{\mu \cdot \alpha \cdot w}{\Delta P} \cdot Q \cdot (v + v_e)$$

$$S^2 = \frac{\mu \cdot \alpha \cdot w}{\Delta P} \cdot Q \cdot v + \frac{\mu \cdot \alpha \cdot w}{\Delta P} \cdot Q \cdot v_e$$

Sustituyendo Ve:

$$S^2 = \frac{\mu \cdot \alpha \cdot w}{\Delta P} \cdot Q \cdot v + \frac{\mu \cdot r_F}{\Delta P} \cdot Q \cdot S$$

$$S^2 - \frac{\mu \cdot \alpha \cdot w}{\Delta P} \cdot Q \cdot v - \frac{\mu \cdot r_F}{\Delta P} \cdot Q \cdot S = 0$$

$$S^2 - b - a \cdot S = 0$$

Aplicando esta metodología a los dos sistemas, el filtro de melazas y el de la biomasa, se obtuvieron los siguientes resultados:

UNIDAD	α	α_0	ΔP	n	w	rF	Qfilt
FILTRO MELAZAS	4E+09	3,60E+09	2000	0	536,0	12	3,09766E-05
FILTRO MICELIO	4E+09	3,60E+09	2000	0	87,9	12	5,52E-04

UNIDAD	μ_{filt}	ΔP	v
FILTRO MELAZAS	1,10E-03	2000	1,1151573
FILTRO MICELIO	1,10E-03	2000	0,2048916

Finalmente, Resolviendo la ecuación de segundo grado, obtenemos dos respuestas de las cuales, despreciamos la que no tiene sentido físico:

UNIDAD	S [m2]
FILTRO MELAZAS	44,2
FILTRO MICELIO	23,7

3.4. BOMBAS

Para el diseño de las bombas se estimó considerando:

1. Que la corriente era agua menos en el caso del producto cuya densidad se tomó la del ácido glutámico sólido.
2. Que habría una longitud de tramo de 50 m entre las unidades , para sobredimensionar las unidades por seguridad.
3. Que no habría variación de altura, menos en la entrada de los tanques de fermentación.
4. Que la sección de las tuberías sería de 15 pulgadas para todas las tuberías menos la del producto que sería de 1,5 pulgadas.

El procedimiento que se siguió, fue:

1. Calcular el caudal máximo que va a soportar la línea. Se aumentará éste Valoren un 10% a efectos de cálculos posteriores para así tener un margen seguridad.
2. Se halla la velocidad del fluido según el caudal, la densidad y la sección de tubería.
3. Se calcula el número de Reynolds.

$$Re = \frac{\rho v L}{\mu}$$

- Con el Reynolds y la rugosidad relativa (0,00008/D para la tubería de 15” y 0.0012/D para las de 1,5 “(de acero inoxidable)) se utiliza el diagrama de Moody para hallar un factor de fricción en caso de flujo turbulento.

**Los datos se pueden comprobar en los puntos 3.5.7 y 3.5.8 de este documento.*

- Se hace una determinación adicional del factor de fricción con la fórmula empírica $f = 0,16Re^{-0,16}$, se escoge el mayor.
- Se calcula la pérdida de carga por la fórmula de Fanning:

$$hf = f \cdot \frac{L \cdot v^2}{D_{Tub} \cdot 2 \cdot g}$$

- Se determina la altura útil de la bomba con la ecuación de Bernoulli:

$$H = \frac{P_2 - P_1}{g \cdot \rho} + (z_2 - z_1) + \frac{v_2^2 - v_1^2}{2g} + hf$$

- Se calcula la potencia teórica de la bomba de la siguiente manera:

$$P = Q \cdot g \cdot \rho \cdot H$$

- Aunque las bombas que se utilizarán tienen rendimientos mayores, se estimará un rendimiento global de la bomba del 80%.

$$P_{REAL} = \frac{P}{0,8}$$

A continuación se muestran los resultados obtenidos:

Parámetro	UNITS	EST	FERMENT	FILT- BIO
Diametro Tuberia	[m]	0,464	0,464	0,464
Area	[m ²]	0,169	0,169	0,169
Longitud del tramo	[m]	50	50	50
ρ fluido	[Kg/m ³]	1000	1000	1000
Temperatura	[°C]	25	121	30
Viscosidad a la (T)	[Kg/m·s]	8,91E-04	2,60E-04	7,98E-04
Q	[m ³ /s]	7,25E-04	7,28E-04	7,28E-04
Q _{max}	[m ³ /s]	9,42E-04	9,46E-04	9,46E-04
V	[m/s]	5,57E-03	5,59E-03	5,59E-03
Re	[Adim]	2,90E+03	9,98E+03	3,25E+03
TIPO DE FLUJO	RÉGIMEN	TRANSITORIO	TURBULENTO	TURBULENTO
ϵ , Rugosidad Relativa	[-]	3,71E-05	3,71E-05	3,71E-05
f , factor de fricción	[-]	0,011	0,011	0,011
f ,Calculado	[-]	463,94	1597,08	520,24
h _f	[m]	0,08	0,27	0,09
g	[m/s ²]	9,8	9,8	9,8
P ₁	[Pa]	101325	101325	101325
P ₂	[Pa]	101325	101325	91192,5
z ₁	[m]	1	1	4,6
z ₂	[m]	1	4,6	1
Δz	[m]	0	3,6	3,6
ΔP	[Pa]	0	0	10132,5
H	[m]	0,1	3,9	4,7
P BOMBA	[KW]	0,730	35,917	43,784
P BOMBA	[KW]	0,913	44,9	54,7
P BOMBA UTILIZADA	[KW]	1 KW	45 KW	55 KW

Producción de Ácido L- Glutámico a partir de melazas de remolacha azucarera

Parámetro	UNITS	INT-ION	CRIST	CENTRIF	SECADO
Diametro Tuberia	[m]	0,464	0,464	0,464	0,038
Area	[m ²]	0,169	0,169	0,169	0,001
Longitud del tramo	[m]	50	50	50	50
ρ fluido	[Kg/m ³]	1000	1000	1000	800
Temperatura	[°C]	30	60	45	35
Viscosidad a la (T)	[Kg/m·s]	7,98E-04	4,67E-04	5,96E-04	7,20E-04
Q	[m ³ /s]	7,25E-04	6,88E-04	6,88E-04	4,41E-06
Q _{max}	[m ³ /s]	9,43E-04	8,94E-04	8,94E-04	5,73E-06
V	[m/s]	5,57E-03	5,29E-03	5,29E-03	5,03E-03
Re	[Adim]	3,24E+03	5,25E+03	4,12E+03	2,13E+02
TIPO DE FLUJO	RÉGIMEN	TURBULENTO	TURBULENTO	TURBULENTO	LAMINAR
ε ,Rugosidad Relativa	[-]	3,71E-05	3,71E-05	3,71E-05	4,57E-05
f , factor de fricción	[-]	0,011	0,011	0,011	0,301
f ,Calculado	[-]	518,49	840,40	658,45	33,91
h _f	[m]	0,09	0,13	0,10	0,06
g	[m/s ²]	9,8	9,8	9,8	9,8
P ₁	[Pa]	101325	101325	101325	101325
P ₂	[Pa]	101325	101325	101325	91192,5
z ₁	[m]	1	2	1	1
z ₂	[m]	2	1	1	1
Δz	[m]	1	1	0	0
ΔP	[Pa]	0	0	0	10132,5
H	[m]	1,1	1,1	0,1	1,3
P BOMBA	[KW]	10,057	9,894	0,887	0,061
P BOMBA	[KW]	12,571	12,367	1,108	0,08
P BOMBA UTILIZADA	[KW]	13 KW	12 KW	1 KW	1 KW

3.5. TABLAS y OTROS DOCUMENTOS

3.5.1. TABLA DE MATERIALES CODIGO ASME SC-II-D-2007

TABLA 5A AISI 304

Line number	Nominal Composition	Product Form	Spec. No.	Type Grade	Alloy Design/UNS No.	Class/Cond./Temper	Size/Thickness (mm)	P.No.	Group No.	Min. Tensile Strength (MPa)	Min. Yield Strength (MPa)	External Pressure Chart No.	Maximum Use Temperature	Notes	<40C	<55C	<100C	<125C	<150C	<175C	<200C	<225C
335	16Cr-12Ni-2Mo	Wdg. pipe	SA-312	TP316H	S31603			8	1	515	205	HA-2	816	G2,G6,T10	117	117	117	117	117	117	114	110
336	16Cr-12Ni-2Mo	Smis. pipe	SA-376	TP316H	S31603			8	1	515	205	HA-2	816	G2,G4,T10	138	138	138	138	138	138	134	129
337	16Cr-12Ni-2Mo-A	Smis. tube	SA-313	TP316H	S31603		1 ≤ 125	8	1	550	240	HA-2	649	G2,T10	161	161	161	161	161	161	161	160
338	16Cr-12Ni-2Mo-A	Plate	SA-240	316H	S31661		1 ≤ 125	8	1	550	240	HA-2	649	G2,T10	161	161	161	161	161	161	161	160
339	16Cr-12Ni-2Mo-A	Wdg. tube	SA-249	TP316H	S31603			8	1	550	240	HA-2	649	G2,G6,T10	137	137	137	137	137	137	137	136
340	16Cr-12Ni-2Mo-A	Smis. pipe	SA-312	TP316H	S31603		1 ≤ 125	8	1	550	240	HA-2	649	G2,T10	161	161	161	161	161	161	161	160
341	16Cr-12Ni-2Mo-A	Wdg. pipe	SA-312	TP316H	S31603		1 ≤ 125	8	1	550	240	HA-2	649	G2,G6,T10	137	137	137	137	137	137	137	136
342	16Cr-12Ni-2Mo-A	Smis. pipe	SA-376	TP316H	S31603	CR		8	1	550	240	HA-2	649	G2,G4,T10	161	161	161	161	161	161	161	160
343	16Cr-12Ni-2Mo-A	Flange	SA-403	316H	S31661			8	1	550	240	HA-2	649	G2,G6,T10	137	137	137	137	137	137	137	136
344	16Cr-12Ni-2Mo-A	Wdg. fittings	SA-403	316H	S31661	WP-W		8	1	550	240	HA-2	649	G2,G6,T10	137	137	137	137	137	137	137	136
345	16Cr-12Ni-2Mo-A	Wdg. fittings	SA-403	316H	S31661	WP-WX		8	1	550	240	HA-2	649	G2,G6,T10	137	137	137	137	137	137	137	136
346	16Cr-12Ni-2Mo-A	Flange	SA-465	F316H	S31661		1 ≤ 125	8	1	550	240	HA-2	649	G2,T10	161	161	161	161	161	161	161	160
347	17Cr-17Ni-5.5Cu-3Si	Plate	SA-240	--	S30601			8	1	540	255	HA-1	204		170	170	170	170	168	161	154	149
348	18Cr-3Ni-12Mn	Plate	SA-240	XM-29	S24000			8	3	690	380	HA-6	427	G2	253	253	253	249	232	218	206	197
349	18Cr-3Ni-12Mn	Plate	SA-240	XM-29	S24000			8	3	690	415	HA-6	427	G2	276	276	276	272	253	238	225	215
350	18Cr-8Ni-3Mo	Smis. tube	SA-789	--	S31500			10H	1	630	440	HA-5	343	G8	264	264	264	264	264	264	264	264
351	18Cr-8Ni-3Mo	Wdg. tube	SA-789	--	S31500			10H	1	630	440	HA-5	343	G8,G8	225	225	225	225	225	225	225	225
352	18Cr-8Ni-3Mo	Smis. pipe	SA-790	--	S31500			10H	1	630	440	HA-5	343	G8	264	264	264	264	264	264	264	264
353	18Cr-8Ni-3Mo	Wdg. pipe	SA-790	--	S31500			10H	1	630	440	HA-5	343	G8,G8	225	225	225	225	225	225	225	225
354	18Cr-8Ni	Flange	SA-182	F304L	S30403		1 ≤ 125	8	1	450	170	HA-3	649	G2,T10	115	115	115	115	115	114	110	106
355	18Cr-8Ni	Smis. tube	SA-213	TP304L	S30403			8	1	450	170	HA-3	649	G2,T10	115	115	115	115	115	114	110	106
356	18Cr-8Ni	Flange	SA-465	F304L	S30403		1 ≤ 125	8	1	450	170	HA-3	40	G2,T10	115	115	115	115	115	114	110	106
357	18Cr-8Ni	Flange	SA-182	F304L	S30403			8	1	455	170	HA-3	649	G2,T10	115	115	115	115	115	114	110	106
358	18Cr-8Ni	Plate	SA-240	304L	S30403			8	1	455	170	HA-3	649	G2,T10	115	115	115	115	115	114	110	106
359	18Cr-8Ni	Wdg. tube	SA-249	TP304L	S30403			8	1	455	170	HA-3	649	G2,G6,T10	115	115	115	115	115	114	110	106
360	18Cr-8Ni	Smis. pipe	SA-312	TP304L	S30403			8	1	455	170	HA-3	649	G2,T10	97.7	97.7	97.7	97.7	97.7	96.8	93.1	90.0
361	18Cr-8Ni	Wdg. pipe	SA-312	TP304L	S30403	WP-S		8	1	455	170	HA-3	649	G2,G6,T10	115	115	115	115	115	114	110	106
362	18Cr-8Ni	Flange	SA-403	304L	S30403	WP-S		8	1	455	170	HA-3	649	G2,T10	115	115	115	115	115	114	110	106
363	18Cr-8Ni	Wdg. tube	SA-468	TP304L	S30403			8	1	455	175	HA-3	649	G2,G6,T10	97.7	97.7	97.7	97.7	97.7	96.8	93.1	90.0
364	18Cr-8Ni	Carbide	SA-351	CF3	J92500			8	1	455	205	HA-3	427	G2,G8	138	138	138	138	138	134	129	125
365	18Cr-8Ni	Carbide	SA-351	CF10	J92500			8	1	455	205	HA-3	427	G2,G8	138	138	138	138	138	134	129	125
366	18Cr-8Ni	Carbide	SA-351	CF8	J92500			8	1	455	205	HA-1	816	G2,G3,G4,G6,T8	138	138	138	138	138	134	129	125
367	18Cr-8Ni	Flange	SA-182	F304	S30400		1 ≤ 125	8	1	455	205	HA-1	816	G2,G3,G4,G6,T10	138	138	138	138	138	134	129	125
368	18Cr-8Ni	Flange	SA-465	F304	S30400			8	1	455	205	HA-1	816	G2,G3,G4,T10	138	138	138	138	138	134	129	125
369	18Cr-8Ni	Flange	SA-182	F304H	S30409		1 ≤ 125	8	1	455	205	HA-1	816	G2,T10	138	138	138	138	138	134	129	125
370	18Cr-8Ni	Flange	SA-465	F304H	S30409			8	1	455	205	HA-1	816	G2,T10	138	138	138	138	138	134	129	125
371	18Cr-8Ni	Plate	SA-240	302	S30200			8	1	515	205	HA-1	399	G2,G3	138	138	138	138	138	134	129	125
372	18Cr-8Ni	Flange	SA-182	F304	S30400		1 ≤ 125	8	1	515	205	HA-1	816	G2,G3,G4,T10	138	138	138	138	138	134	129	125
373	18Cr-8Ni	Smis. tube	SA-213	TP304	S30400			8	1	515	205	HA-1	816	G2,G3,T10	138	138	138	138	138	134	129	125
374	18Cr-8Ni	Plate	SA-240	304	S30400			8	1	515	205	HA-1	816	G2,G3,G4,T10	138	138	138	138	138	134	129	125
375	18Cr-8Ni	Wdg. tube	SA-249	TP304	S30400			8	1	515	205	HA-1	816	G2,G3,G6,T10	138	138	138	138	138	134	129	125
376	18Cr-8Ni	Smis. pipe	SA-312	TP304	S30400			8	1	515	205	HA-1	816	G2,G3,G4,T10	138	138	138	138	138	134	129	125
377	18Cr-8Ni	Wdg. pipe	SA-312	TP304	S30400			8	1	515	205	HA-1	816	G2,G3,G6,T10	117	117	117	117	117	114	110	106
378	18Cr-8Ni	Smis. pipe	SA-376	TP304	S30400	CR		8	1	515	205	HA-1	816	G2,G3,G4,G3,T10	138	138	138	138	138	134	129	125
379	18Cr-8Ni	Flange	SA-403	304	S30400			8	1	515	205	HA-1	816	G2,G6,T10	117	117	117	117	117	114	110	106
380	18Cr-8Ni	Flange	SA-403	304	S30400	WP-S		8	1	515	205	HA-1	816	G2,T10	138	138	138	138	138	134	129	125
381	18Cr-8Ni	Wdg. fittings	SA-403	304	S30400	WP-W		8	1	515	205	HA-1	816	G2,G6,T10	117	117	117	117	117	114	110	106
382	18Cr-8Ni	Wdg. fittings	SA-403	304	S30400	WP-WX		8	1	515	205	HA-1	816	G2,G6,T10	117	117	117	117	117	114	110	106
383	18Cr-8Ni	Wdg. tube	SA-468	TP304	S30400		1 ≤ 125	8	1	515	205	HA-1	816	G2,G3,G6,T10	117	117	117	117	117	114	110	106
384	18Cr-8Ni	Flange	SA-182	F304H	S30409			8	1	515	205	HA-1	816	G2,T10	138	138	138	138	138	134	129	125
385	18Cr-8Ni	Smis. tube	SA-213	TP304H	S30409		1 ≤ 125	8	1	515	205	HA-1	816	G2,T10	138	138	138	138	138	134	129	125
386	18Cr-8Ni	Plate	SA-240	304H	S30409			8	1	515	205	HA-1	816	G2,T10	138	138	138	138	138	134	129	125
387	18Cr-8Ni	Wdg. tube	SA-249	TP304H	S30409			8	1	515	205	HA-1	816	G2,G6,T10	117	117	117	117	117	114	110	106
388	18Cr-8Ni	Smis. pipe	SA-312	TP304H	S30409			8	1	515	205	HA-1	816	G2,T10	138	138	138	138	138	134	129	125
389	18Cr-8Ni	Wdg. pipe	SA-312	TP304H	S30409			8	1	515	205	HA-1	816	G2,G6,T10	117	117	117	117	117	114	110	106
390	18Cr-8Ni	Smis. pipe	SA-376	TP304H	S30409			8	1	515	205	HA-1	816	G2,G4,T10	138	138	138	138	138	134	129	125

3.5.2. TABLA VALORES DE “M” CODIGO ASME SC-VIII-MA-APP 1

TABLE 1-4.2
VALUES OF FACTOR M
(Use Nearest Value of L/r ; Interpolation Unnecessary)

L/r	1.0	1.25	1.50	1.75	2.00	2.25	2.50	2.75	3.00	3.25	3.50
M	1.00	1.03	1.06	1.08	1.10	1.13	1.15	1.17	1.18	1.20	1.22
L/r	4.0	4.5	5.0	5.5	6.0	6.5	7.0	7.5	8.0	8.5	9.0
M	1.25	1.28	1.31	1.34	1.36	1.39	1.41	1.44	1.46	1.48	1.50
L/r	9.5	10.00	10.5	11.0	11.5	12.0	13.0	14.0	15.0	16.0	$16\frac{2}{3}^1$
M	1.52	1.54	1.56	1.58	1.60	1.62	1.65	1.69	1.72	1.75	1.77

NOTE:

(1) Maximum ratio allowed by UG-32(j) when L equals the outside diameter of the skirt of the head.

3.5.3. TABLA VALORES CONSTANTE DE HENRRY PARA O₂ PURO:

Obtenidas de Perry, R.H., Green, D.W., Maloney, J.O. 1997. Perry's Chemical Engineers Handbook Seventh edition. McGraw-Hill.

TABLE 2-140 Oxygen (O₂)—Temperature

<i>t</i> , °C	0	5	10	15	20	25	30	35
10 ⁻⁴ × <i>H</i>	2.55	2.91	3.27	3.64	4.01	4.38	4.75	5.07
<i>t</i> , °C	40	45	50	60	70	80	90	100
10 ⁻⁴ × <i>H</i>	5.35	5.63	5.88	6.29	6.63	6.87	6.99	7.01

International Critical Tables, vol. 3, p. 257. Pray, Schweickert, and Minnich [*Ind. Eng. Chem.*, **44**, 1146 (1952)] give $H = 4.46 \times 10^{-4}$ at 25°C and other values up to 343°C.

1. Conocer la concentración de saturación de O₂

$$C_L^* = \frac{P_{O_2}}{H_{O_2}}$$

Ptotal(atm)	1
PO ₂ (atm)	0,21
PN ₂ (atm)	0,79

Tº	atm/frac Molar		CL*		
[°C]	H(O ₂)*10 ⁻⁴	H(O ₂)	Frac.Molar O ₂	mmol O ₂ /L	mg/L
0	2,55	25500	8,24E-06	0,46	14,6
5	2,91	29100	7,22E-06	0,40	12,8
10	3,27	32700	6,42E-06	0,36	11,4
15	3,64	36400	5,77E-06	0,32	10,3
20	4,01	40100	5,24E-06	0,29	9,3
25	4,38	43800	4,79E-06	0,27	8,5
30	4,75	47500	4,42E-06	0,25	7,9
35	5,07	50700	4,14E-06	0,23	7,4
40	5,35	53500	3,93E-06	0,22	7,0
45	5,63	56300	3,73E-06	0,21	6,6
50	5,88	58800	3,57E-06	0,20	6,3
60	6,29	62900	3,34E-06	0,19	5,9
70	6,63	66300	3,17E-06	0,18	5,6
80	6,87	68700	3,06E-06	0,17	5,4
90	6,99	69900	3,00E-06	0,17	5,3
100	7,01	70100	3,00E-06	0,17	5,3

3.5.4. TABLA DE PROPIEDADES TERMOFÍSICAS DEL AGUA SATURADA:

Richard M. Felder, Ronald W. Rousseau, "Principios elementales de los procesos químicos"
2º Edición, Addison Wesley Iberoamericana, Wilmington, Delaware 1991

TABLA A.6 Propiedades termofísicas de agua saturada^a

Temperatura, T (K)	Volumen específico (m ³ /kg)		Entalpía de vaporización h_{fg} (kJ/kg)	Calor específico (kJ/kg · K)		Viscosidad (N · s/m ²)	Conductividad térmica (W/m · K)		Número de Prandtl		Tensión superficial $\sigma_f \cdot 10^3$ (N/m)	Coeficiente de expansión $\beta_f \cdot 10^6$ (K ⁻¹)	Temperatura T (K)
	$v_f \cdot 10^3$	v_g		$c_{p,f}$	$c_{p,g}$		$k_f \cdot 10^3$	$k_g \cdot 10^3$	Pr_f	Pr_g			
273.15	0.00611	1.000	206.3	4.217	1.854	1750	8.02	569	18.2	12.99	0.815	75.5	273.15
275	0.00697	1.000	181.7	4.211	1.855	1652	8.09	574	18.3	12.22	0.817	75.3	275
280	0.00990	1.000	130.4	4.198	1.858	1422	8.29	582	18.6	10.26	0.825	74.8	280
285	0.01387	1.000	99.4	4.189	1.861	1225	8.49	590	18.9	8.81	0.833	74.3	285
290	0.01917	1.001	69.7	4.184	1.864	1080	8.69	598	19.3	7.56	0.841	73.7	290
295	0.02617	1.002	51.94	4.181	1.868	959	8.89	606	19.5	6.62	0.849	72.7	295
300	0.03531	1.003	39.13	4.179	1.872	855	9.09	613	19.6	5.83	0.857	71.7	300
305	0.04712	1.005	29.74	4.178	1.877	769	9.29	620	20.1	5.20	0.865	70.9	305
310	0.06221	1.007	22.93	4.178	1.882	695	9.49	628	20.4	4.62	0.873	70.0	310
315	0.08132	1.009	17.82	4.179	1.888	631	9.69	634	20.7	4.16	0.883	69.2	315
320	0.1053	1.011	13.98	4.180	1.895	577	9.89	640	21.0	3.77	0.894	68.3	320
325	0.1351	1.013	11.06	4.182	1.903	528	10.09	645	21.3	3.42	0.901	67.5	325
330	0.1719	1.016	8.82	4.184	1.911	489	10.29	650	21.7	3.15	0.908	66.6	330
335	0.2167	1.018	7.09	4.186	1.920	453	10.49	656	22.0	2.88	0.916	65.8	335
340	0.2713	1.021	5.74	4.188	1.930	420	10.69	660	22.3	2.66	0.925	64.9	340
345	0.3372	1.024	4.683	4.191	1.941	389	10.89	668	22.6	2.45	0.933	64.1	345
350	0.4163	1.027	3.846	4.195	1.954	365	11.09	668	23.0	2.29	0.942	63.2	350
355	0.5100	1.030	3.180	4.199	1.968	343	11.29	671	23.3	2.14	0.951	62.3	355
360	0.6209	1.034	2.645	4.203	1.983	324	11.49	674	23.7	2.02	0.960	61.4	360
365	0.7514	1.038	2.212	4.209	1.999	306	11.69	677	24.1	1.91	0.969	60.5	365
370	0.9040	1.041	1.861	4.214	2.017	289	11.89	679	24.5	1.80	0.978	59.5	370
373.15	1.0133	1.044	1.679	4.217	2.029	279	12.02	680	24.8	1.76	0.984	58.9	373.15
375	1.0815	1.045	1.574	4.220	2.036	274	12.09	681	24.9	1.70	0.987	58.6	375
380	1.2869	1.049	1.337	4.226	2.057	260	12.29	683	25.4	1.61	0.999	57.6	380
385	1.5233	1.053	1.142	4.232	2.080	248	12.49	685	25.8	1.53	1.004	56.6	385

3.5.5. TABLA DE PROPIEDADES TERMOFÍSICAS DEL GASES A PRESIÓN ATM:

Richard M. Felder, Ronald W. Rousseau, "Principios elementales de los procesos químicos"
2° Edición, Addison Wesley Iberoamericana, Wilmington, Delaware 1991

TABLA A.4 Propiedades termofísicas de gases a presión atmosférica^a

T (K)	ρ (kg/m ³)	c_p (kJ/kg · K)	$\mu \cdot 10^7$ (N · s/m ²)	$\nu \cdot 10^6$ (m ² /s)	$k \cdot 10^3$ (W/m · K)	$\alpha \cdot 10^6$ (m ² /s)	Pr
Aire							
100	3.5562	1.032	71.1	2.00	9.34	2.54	0.786
150	2.3364	1.012	103.4	4.426	13.8	5.84	0.758
200	1.7458	1.007	132.5	7.590	18.1	10.3	0.737
250	1.3947	1.006	159.6	11.44	22.3	15.9	0.720
300	1.1614	1.007	184.6	15.89	26.3	22.5	0.707
350	0.9950	1.009	208.2	20.92	30.0	29.9	0.700
400	0.8711	1.014	230.1	26.41	33.8	38.3	0.690

3.5.6. TABLA DE CALORES D COMBUSTIÓN:

Richard M. Felder, Ronald W. Rousseau, "Principios elementales de los procesos químicos"
2° Edición, Addison Wesley Iberoamericana, Wilmington, Delaware 1992

Table B.8 Heats of combustion

(From *Handbook of Chemistry and Physics*, 1992, 73rd edn, CRC Press, Boca Raton; *Handbook of Chemistry and Physics*, 1976, 57th edn, CRC Press, Boca Raton; and R.M. Felder and R.W. Rousseau, 1978, *Elementary Principles of Chemical Processes*, John Wiley, New York)

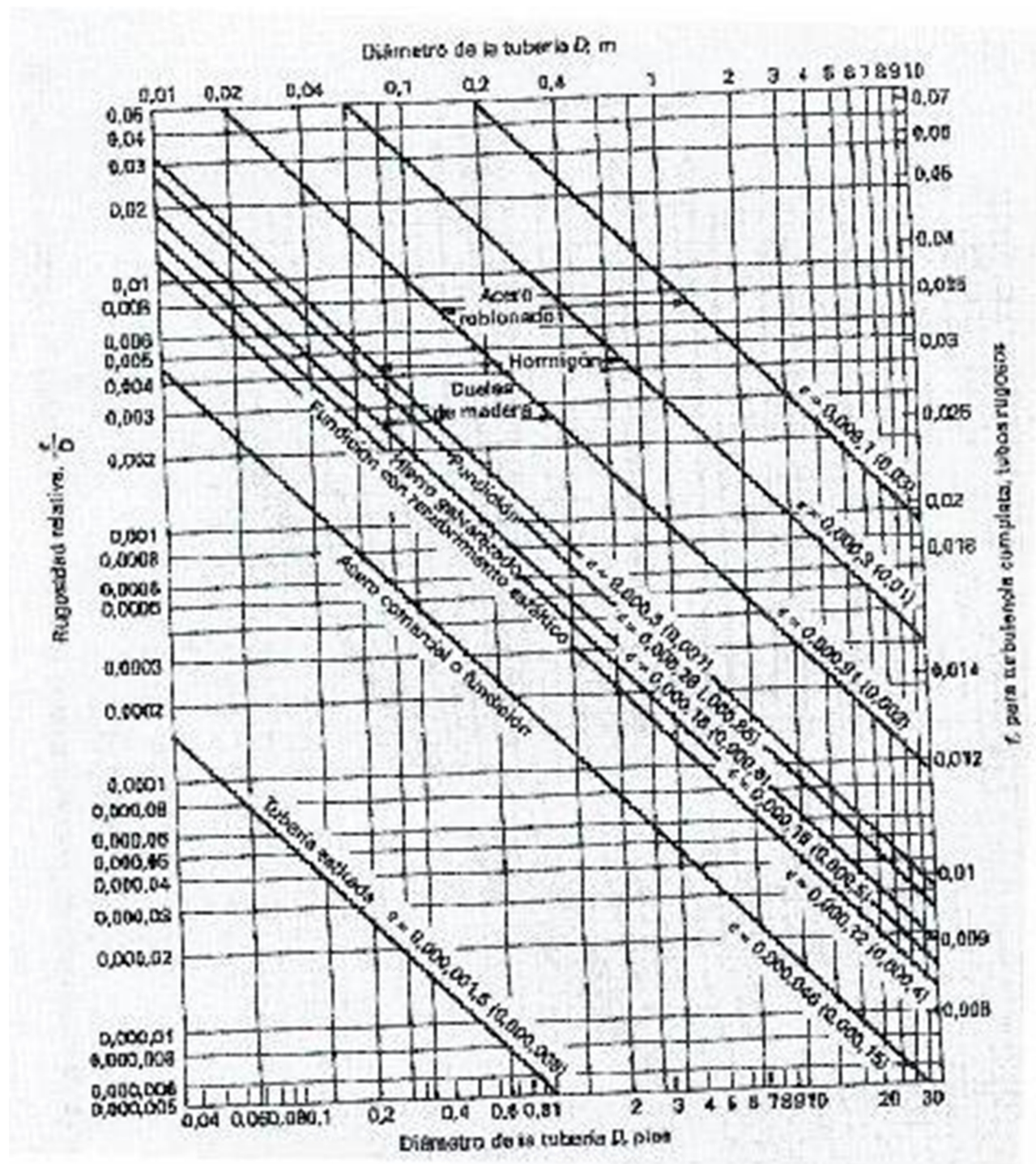
Reference conditions: 1 atm and 25°C or 20°C; values marked with an asterisk refer to 20°C.

Products of combustion are taken to be CO₂ (gas), H₂O (liquid) and N₂ (gas); therefore, $\Delta h_c^\circ = 0$ for CO₂ (g), H₂O (l) and N₂ (g).

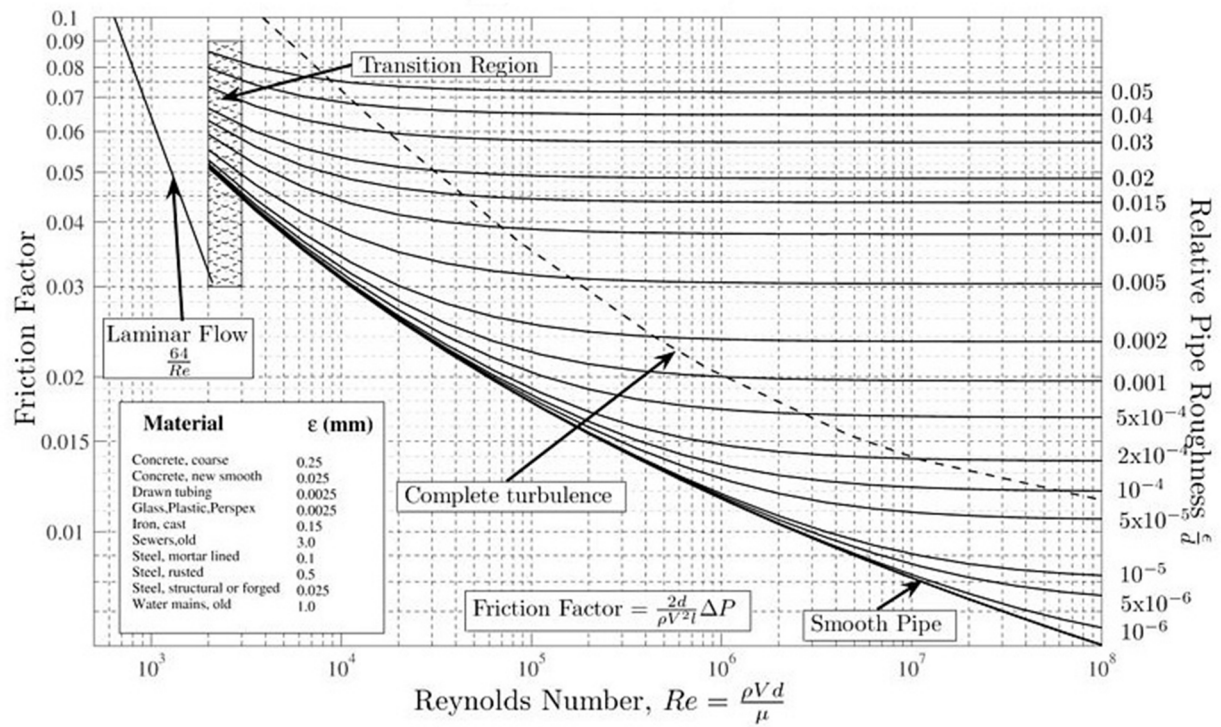
State: g = gas; l = liquid; c = crystal; s = solid.

Compound	Formula	Molecular weight	State	Heat of combustion Δh_c° (kJ gmol ⁻¹)
Glutamic acid (L-)	C ₅ H ₉ O ₄ N	147.131	c	-2244.1
Ammonia	NH ₃	17.03	g	-382.6
Sucrose	C ₁₂ H ₂₂ O ₁₁		s	-5644.9
Biomass	CH _{1.8} O _{0.5} N _{0.2}	25.9	s	-552

3.5.7. TABLA DE RUGOSIDADES RELATIVAS:



3.5.8. GRÁFICA DE MOODY:



Diseño de una planta de producción de ácido L-Glutámico a partir de melazas de remolacha azucarera.

UNIVERSIDAD DE CADIZ – FACULTAD DE CIENCIAS

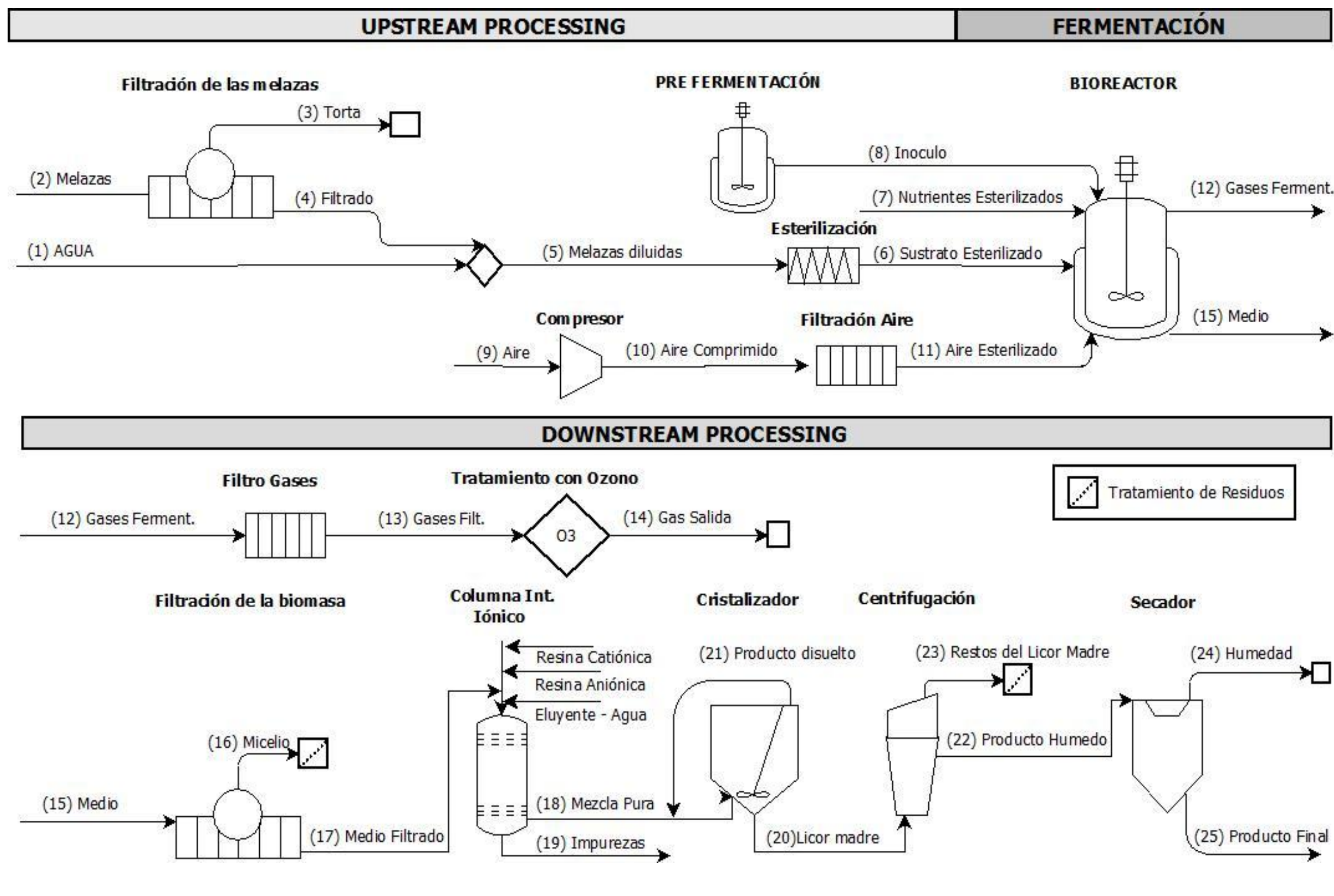
PLANOS

Diseño de una planta de producción de ácido L-Glutámico a partir de melazas de remolacha azucarera.

Pablo San José García

X

Firmado: Pablo San José García



Resumen:

Rev:	Fecha:	Notas:

Dibujado por:

Pablo San José García

Cliente:

Universidad de Cádiz
Facultad de Ciencias

Proyecto:

Diseño de una planta de producción de ácido
L-Glutámico a partir de melazas de remolacha

Título:

Plano N°1:
Diagrama de flujo

Fecha:

23/11/2014

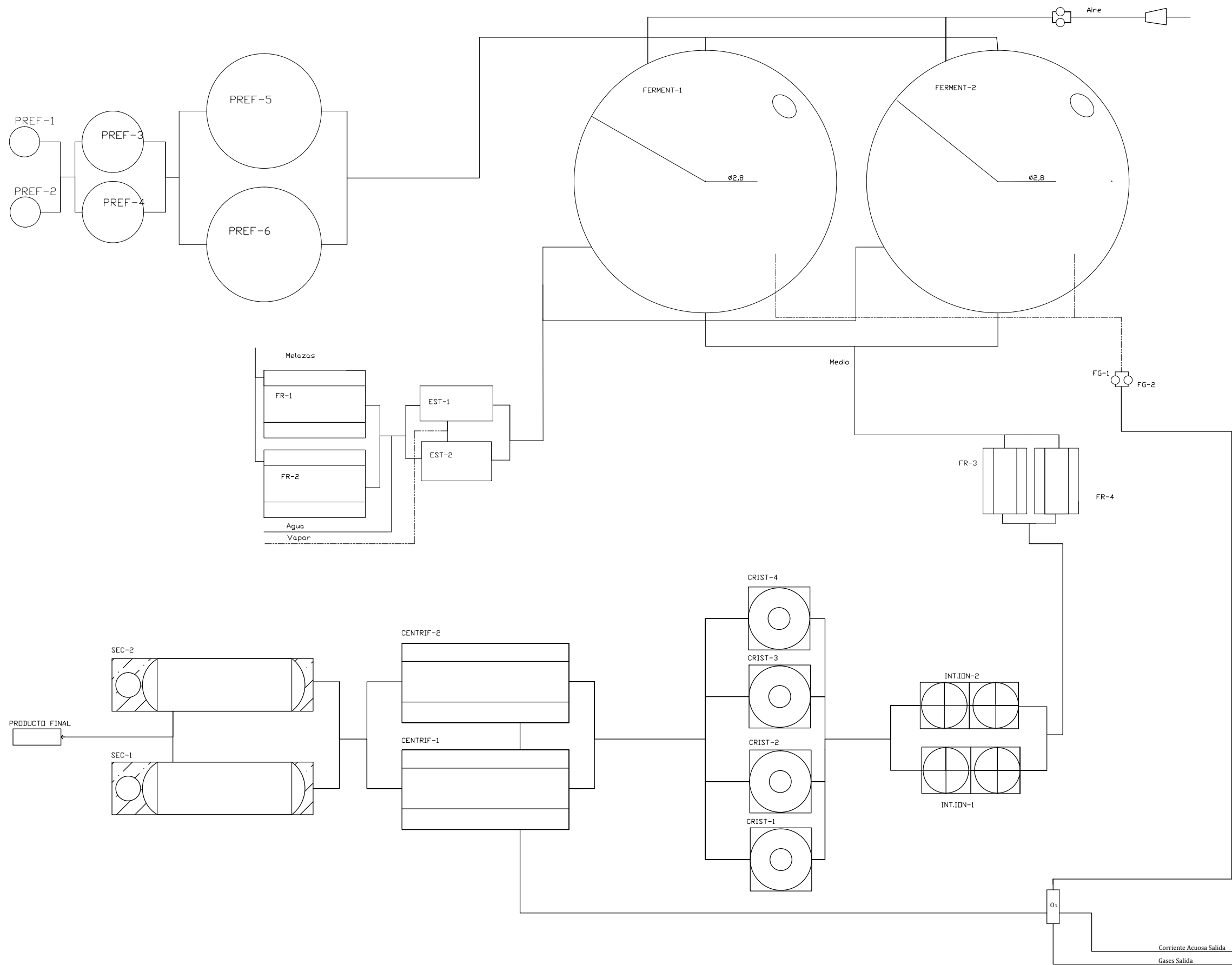
Escala:

-

Revisión:

0

Firmado:



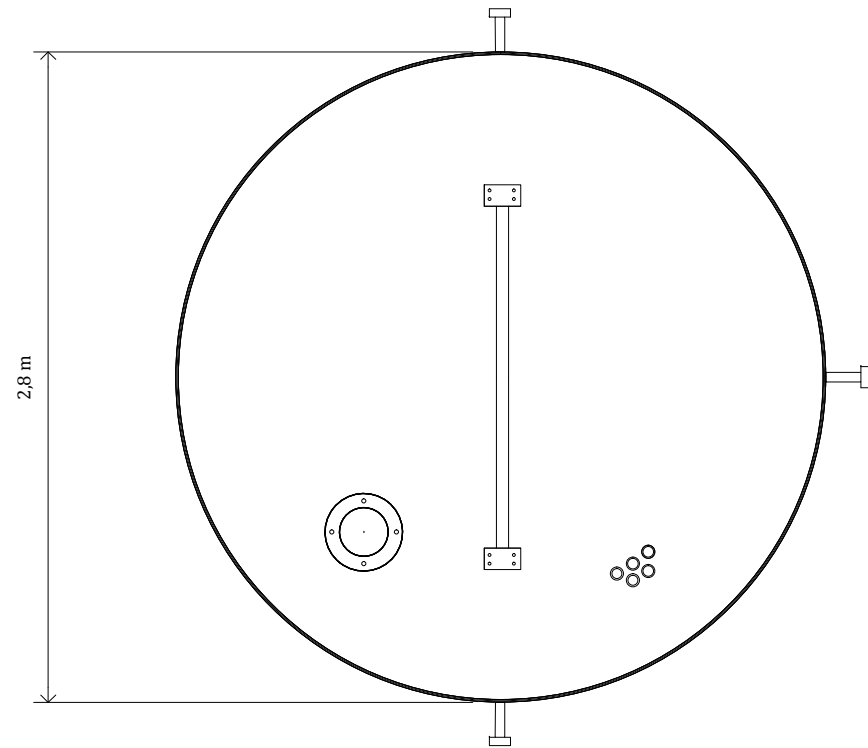
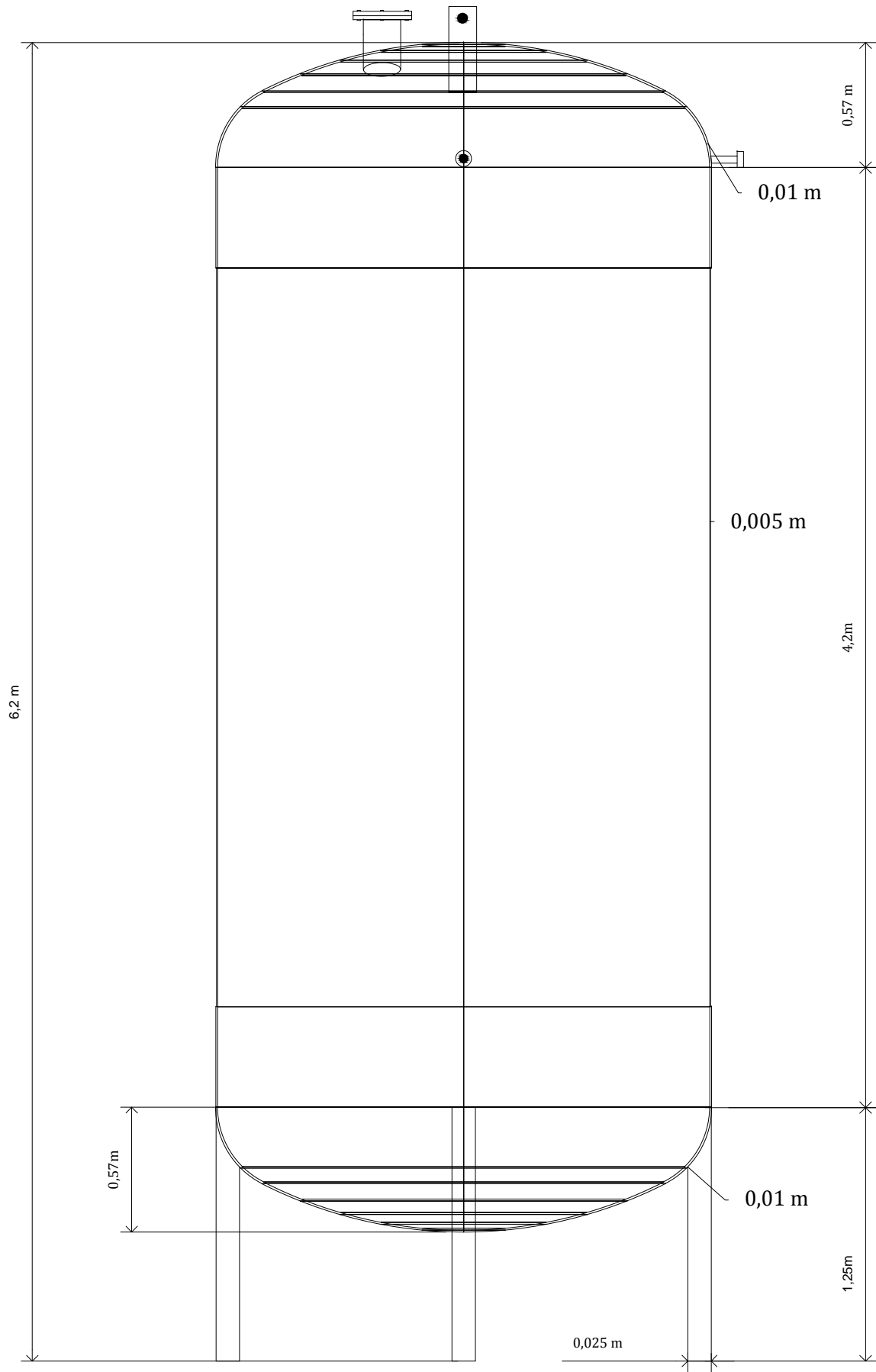
Anotaciones:		
Rev:	Fecha:	Anotación:

Dibujado por: Pablo San José García
Cliente: Universidad de Cádiz Facultad de Ciencias

Proyecto: Diseño de una planta de producción de ácido L-Glutámico a partir de remolacha
Título: Plano nº 2: Layout de la Planta

Fecha: 23/11/2014
Escala : 1:44
Unidades: mm

Firmado:



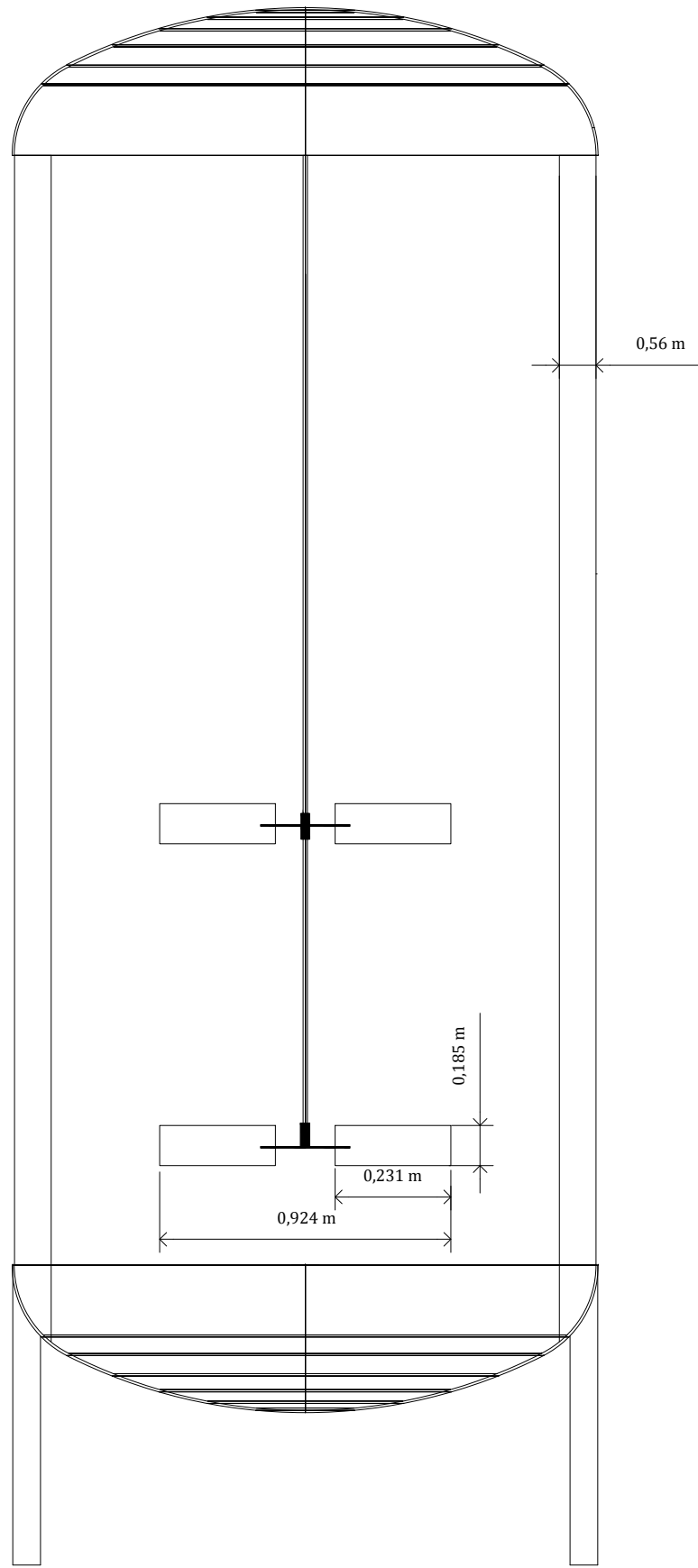
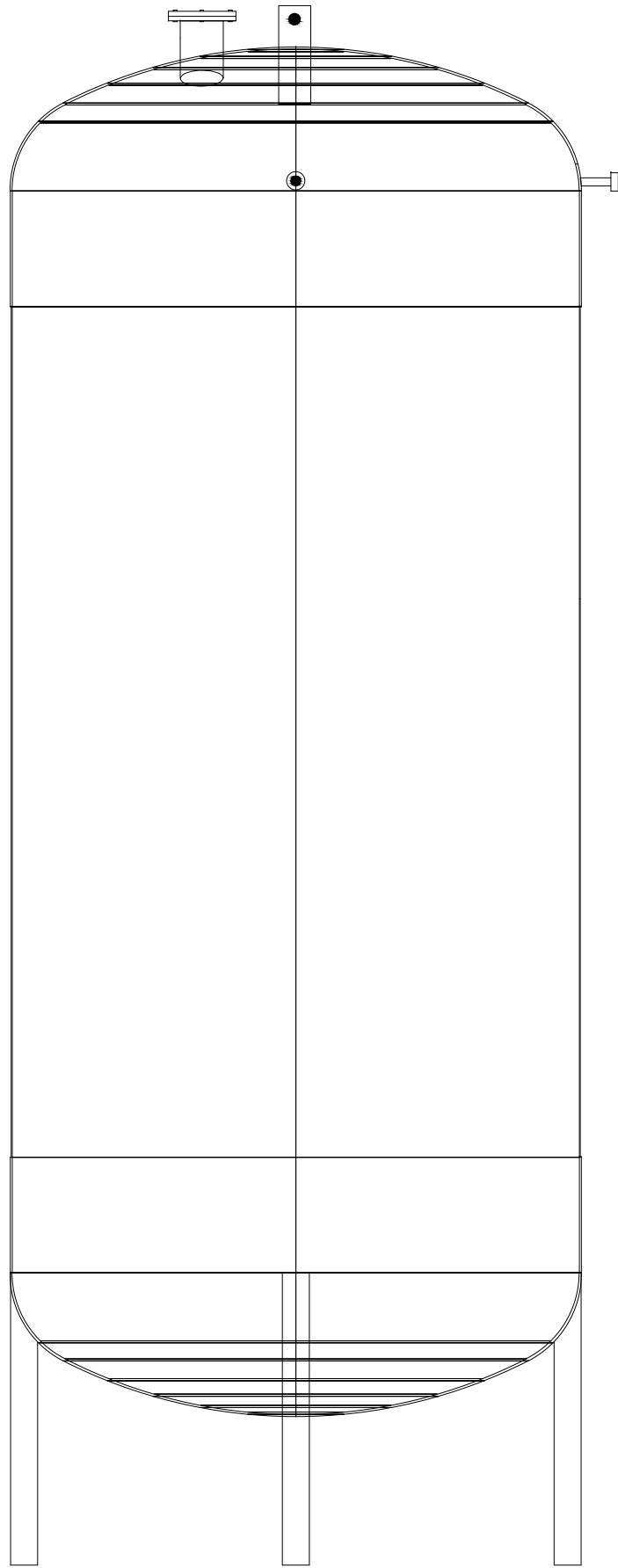
Resumen:		
Rev:	Fecha:	Notas:

Dibujado por: Pablo San José García
Ciente: Universidad de Cádiz Facultad de Ciencias

Proyecto: Diseño de una planta de producción de ácido L-Glutámico a partir de melazas de remolacha
Título: Plano N°3: Bio reactor Principal Exterior

Fecha: 23/11/2014
Escala: 1:33
Unidad: mm

Firmado:



Resumen:		
Rev:	Fecha:	Notas:

Dibujado por:
Pablo San José García

Ciente:
Universidad de Cádiz
Facultad de Ciencias

Proyecto:
Diseño de una planta de producción de ácido L-Glutámico a partir de melazas de remolacha

Título:
Plano N°4:
Bio reactor Principal Interior

Fecha:
23/11/2014

Escala:
1:33

Unidad:
mm

Firmado:

UNIVERSIDAD DE CÁDIZ - FACULTAD DE CIENCIAS

PLIEGO DE CONDICIONES

Diseño de una planta de producción de
ácido L-Glutámico a partir de melazas de
remolacha azucarera.

Pablo San José García

X

Firmado: Pablo San José García

ÍNDICE

1. DEFINICIÓN Y ALCANCE DEL PLIEGO	5
1.1. INTERPRETACIÓN DEL SIGUIENTE PLIEGO	5
1.2. OBJETO DEL PLIEGO	5
1.3. DOCUMENTOS QUE DEFINEN LA OBRA.....	5
1.4. ALCANCE DE LA DOCUMENTACIÓN	6
1.5. COMPATIBILIDAD Y RELACIÓN ENTRE DICHOS DOCUMENTOS	6
1.6. DISPOSICIONES A TENER EN CUENTA	7
ESTRUCTURAS DE HORMIGÓN, FÁBRICAS, SOLADOS.....	7
ABASTECIMIENTO DE AGUAS Y VERTIDO	7
INSTALACIONES ELÉCTRICAS	8
ESTRUCTURAS DE ACERO.	8
APARATOS A PRESIÓN	8
PROTECCIÓN CONTRA INCENDIOS.....	9
MEDIO AMBIENTE.....	9
SEGURIDAD Y SALUD	9
2. CONDICIONES GENERALES	10
2.1. CONDICIONES GENERALES FACULTATIVAS	10
2.1.1. DIRECCIÓN FACULTATIVA.....	10
2.1.2. OBLIGACIONES Y DERECHOS DEL CONTRATISTA.....	12
2.1.3. TRABAJOS, MATERIALES Y MEDIOS AUXILIARES.....	15
2.1.4. RECEPCIÓN PROVISIONAL, PLAZO DE GARANTÍA Y RECEPCIÓN DEFINITIVA.....	26
2.1.5. CASOS NO PREVISTOS EN ESTE PLIEGO.....	29
2.2. CONDICIONES GENERALES ECONÓMICAS	30
2.2.1. BASE FUNDAMENTAL	30
2.2.2. GARANTÍAS DE CUMPLIMIENTO Y FIANZAS	30
2.2.3. PENALIZACIONES.....	32
2.2.4. PRECIOS Y REVISIONES.....	33
2.2.5. MEDICIÓN, VALORACIÓN Y ABONO DE LAS UNIDADES DE OBRA.....	38
2.3. CONDICIONES GENERALES LEGALES	53
2.3.1. ARBITRIO Y JURISDICCIÓN.....	53
2.3.2. RESPONSABILIDADES LEGALES DEL CONTRATISTA	54
2.3.3. SUBCONTRATAS.....	60
2.3.4. PAGO DE ARBITRIOS	60
2.3.5. CAUSAS DE RESCISIÓN DEL CONTRATO	61
3. PLIEGO DE CONDICIONES TÉCNICAS PARTICULARES	63

3.1. COMIENZO DE LAS OBRAS.....	64
3.1.1. REPLANTEO	64
3.1.2. LIMPIEZA DEL TERRENO.....	66
3.2. MOVIMIENTO DE TIERRAS.....	67
3.2.1. EXCAVACIONES.....	67
3.2.2. DRENAJE.....	71
3.2.3. VACIADO DE TIERRAS.....	71
3.2.4. ENTIBACIONES.....	74
3.2.5. RELLENOS.....	75
3.3. CIMENTACIONES.....	75
3.3.1. HORMIGONES.....	75
3.3.2. FABRICACIÓN Y PUESTA EN OBRA DEL HORMIGÓN	78
3.3.3. CIMENTACIONES	85
3.3.4. OBRA DE MADERA.....	88
3.3.5. ARMADURAS.....	89
3.4. ESTRUCTURAS DE ACERO.....	91
3.4.1. ESTRUCTURA DE ACERO	91
3.4.2. PROTECCIÓN DE LA ESTRUCTURA	93
3.4.3. CARPINTERÍA METÁLICA.....	93
3.5. ALBAÑILERÍA.....	94
3.5.1. FÁBRICA DE LADRILLOS.....	94
3.5.2. EJECUCIÓN DEL MURO DE CERRAMIENTO.....	95
3.5.3. EJECUCIÓN DE TABICADOS.....	98
3.5.4. ENFOSCADOS, ENLUCIDOS Y GUARNECIDOS.....	100
3.5.5. SOLADOS.....	101
3.5.6. EJECUCIÓN DE ALICATADOS	102
3.6. PINTURA.....	103
3.6.1. EJECUCIÓN DE LOS TRABAJOS DE PINTURA	103
3.6.2. ITEMS QUE NECESITAN SER PINTADOS.....	107
3.6.3. ITEMS QUE NO NECESITAN SER PINTADOS.....	108
3.7. INSTALACIONES ELÉCTRICAS EN BAJA TENSIÓN Y DE ALUMBRADO.	108
3.7.1. CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS DE LAS INSTALACIONES ELÉCTRICAS Y DE ALUMBRADO.....	108
3.7.2. MOTORES.....	118
3.7.3. TRANSFORMADOR	119
3.7.4. PUESTA A TIERRA.....	120
3.7.5. AUTORIZACIÓN Y PUESTA EN SERVICIO DE LA INSTALACIÓN	127
3.7.6. RESPONSABILIDAD Y SANCIONES.....	127
3.8. CENTRO DE TRANSFORMACIÓN.....	130
3.8.1. LOCAL.....	130

3.8.2.	APARAMENTA.....	131
3.8.3.	FUSIBLES.....	133
3.8.4.	CABLES	134
3.8.5.	ARMARIO DE BAJA TENSIÓN.....	135
3.8.6.	EQUIPO DE MEDIDA.....	136
3.8.7.	CONTADORES.....	138
3.8.8.	TRANSFORMADOR	138
3.8.9.	COLUMNAS	140
3.8.10.	CENTRO DE MANDO	140
3.8.11.	CENTRO DE TRANSFORMACIÓN.....	141
3.9.	BOMBAS.....	145
3.10.	TUBERÍAS	146
3.10.1.	CÓDIGOS.....	146
3.10.2.	TUBERÍAS.....	146
3.10.3.	VÁLVULAS.....	147
3.10.4.	BRIDAS	147
3.10.5.	ACCESORIOS	148
3.10.6.	COLGANTES Y ACCESORIOS.....	148
3.10.7.	CAMBIOS DE DIRECCIÓN	148
3.10.8.	PRUEBAS E INSPECCIONES	149
3.11.	AISLAMIENTO TÉRMICO	149
3.11.1.	GENERAL.....	149
3.11.2.	MATERIALES.....	149
3.12.	AISLAMIENTO ACÚSTICO	149
3.13.	SEGURIDAD Y SALUD EN LA OBRA.....	150
3.13.1.	OBJETO DEL PRESENTE CAPÍTULO	150
3.13.2.	CONDICIONES TÉCNICAS.....	150
3.13.3.	PROTECCIONES PERSONALES.	152
3.13.4.	PROTECCIONES COLECTIVAS.....	152
3.13.5.	SERVICIOS DE PROTECCIÓN.....	156
3.13.6.	CONDICIONES FACULTATIVAS	158

1. DEFINICIÓN Y ALCANCE DEL PLIEGO

1.1. INTERPRETACIÓN DEL SIGUIENTE PLIEGO

El presente pliego tiende a unificar criterios y establecer normas definidas en las obras que se realizarán en el presente proyecto. Se establecerán los criterios que se han de aplicar en la ejecución de las obras; también se deben fijar las características y ensayos de los materiales a emplear, las normas que se han de seguir en la ejecución de las distintas unidades de obra, las pruebas previstas para la recepción, las formas de medida y abono de las obras y el plazo de garantía.

1.2. OBJETO DEL PLIEGO

El pliego incluirá las prescripciones técnicas que han de regir en la ejecución de las obras del presente proyecto, así como las condiciones facultativas, económicas y legales. Será objeto de estudio todas las obras incluidas en el presupuesto, abarcando todos los oficios y materiales que se emplearán en ella.

1.3. DOCUMENTOS QUE DEFINEN LA OBRA

Serán cinco los documentos que definirán la obra:

Memoria, Anexos, Planos, Pliego de Condiciones, Estado de Mediciones y Presupuesto.

– En la Memoria Descriptiva se describirá con detalle las obras en instalaciones.

– En los Anexos a la Memoria o Memoria Técnica se reflejan todos los cálculos necesarios para la realización del proyecto.

– En los Planos se definirá la situación de la planta así como su diseño.

– En el Pliego de Condiciones se hará una descripción de las obras.

– En el Estado de Mediciones se hará una descripción de los equipos, haciendo referencia a sus especificaciones.

– En el Presupuesto se definirán, especificando su número, las unidades de obra completas.

El contratista encargado de la realización de las obras estará obligado a seguir estrictamente todo lo especificado en el presente pliego.

1.4. ALCANCE DE LA DOCUMENTACIÓN

Los diversos anexos y documentos del presente proyecto se complementan mutuamente. En consecuencia, una obra que venga indicada en los planos y presupuesto y que no venga indicada en los otros documentos, debe ser ejecutada por el contratista sin indemnización alguna por parte del propietario. Lo mismo se entiende para todos los trabajos accesorios no indicados en planos y documentos, pero generalmente admitidos como necesarios al complemento normal de ejecución de una obra de calidad irreprochable.

1.5. COMPATIBILIDAD Y RELACIÓN ENTRE DICHOS DOCUMENTOS

Los cinco documentos que definen este proyecto son compatibles entre sí y además se complementan unos a otros. Se ha de procurar que sólo con la ayuda de los Planos y del Pliego de Condiciones se pueda ejecutar totalmente el proyecto.

En cuanto al orden de prioridad dependerá del aspecto que se considere.

Si se mira desde un punto de vista técnico - teórico, el documento más importante es la Memoria General y en especial la Memoria de Cálculo, seguido de los Planos. Si se mira desde el punto de vista jurídico - legal, será el Pliego de Condiciones el documento más importante.

1.6. DISPOSICIONES A TENER EN CUENTA

El Adjudicatario deberá atenerse en la adjudicación de la obra a las condiciones especiales dadas en los documentos que a continuación se expresan, respecto condiciones de los materiales y forma de ejecutar los trabajos y ensayos a que deben ser sometidos:

ESTRUCTURAS DE HORMIGÓN, FÁBRICAS, SOLADOS...

- Norma MV-101/1962. "Acciones en I a Edificación". Decreto 1 95/1963 del Mº de la Vivienda.
- Ley 6/1998, de 13 de Abril, sobre régimen del suelo y valoraciones.
- Ley 1/1997, de 18 de Junio, por la que se adoptan con carácter urgente y transitorio disposiciones en materia de régimen de suelo y ordenación urbana en Andalucía.
- Normas Tecnológicas de la Edificación (NTE).
- Norma EH-91: "Instrucción para el Proyecto y Ejecución de Obras de Hormigón en Masa y Armado".
- Norma Básica de la Edificación NBE-FL-90. "Muros resistentes de Fábricas de Ladrillo" R.D. 1723/1990 de 20 de Diciembre (BOE 4.1.91).
- Norma de construcción sismo resistente: Parte general y edificación (NCSE-94). R.D. 2543/1994 de 29 de Diciembre (BOE 8.2.1996).

ABASTECIMIENTO DE AGUAS Y VERTIDO

- Normas Tecnológicas de la Edificación (NTE).
- Pliego de Prescripciones Técnicas Generales para Tubería de abastecimiento de agua. Orden del MOPU de 28 de Julio (BOE 2.10.74 - 3.10.74 - 30-10-74).
- Normas Básicas para las Instalaciones Interiores de Suministro de agua del Mº de Industria.

INSTALACIONES ELÉCTRICAS

- Reglamento de Líneas Eléctricas Aéreas de Alta Tensión.
- Reglamento Electrotécnico para Baja Tensión e Instrucciones Técnicas Complementarias.
- Reglamento de Verificaciones Eléctricas y Regularidad en el Suministro de Energía.
- Reglamento sobre condiciones técnicas y garantías de seguridad en Centrales Eléctricas, Subestaciones y Centros de Transformación e Instrucciones Técnicas Complementarias.
- Normas Técnicas de Construcción y Montaje de las Instalaciones Eléctricas de Distribución de Sevillana de Electricidad.

ESTRUCTURAS DE ACERO.

- Norma NBE EA - 95. "Estructuras de Acero en Edificación". R.D. 1829/1995, de 1995.
- Normas Tecnológicas de la Edificación.

APARATOS A PRESIÓN

- Reglamento de Aparatos a Presión (R.A.P.). R.D. 1244/79 del M° de Industria y Energía.

PROTECCIÓN CONTRA INCENDIOS.

- N.B.E C.P.I-96. "Condiciones de Protección Contra Incendios en los Edificios" del M. O.P.
- P.C.I - "Protección Contra Incendios en los Establecimientos Industriales".
- Reglamento de instalaciones de protección contra incendios R.D. 1942/1993 (BOE 14.12.93).
- Normas Tecnológicas de la Edificación.

MEDIO AMBIENTE

- Norma Básica de Edificación NBE-CA-88 sobre condiciones acústicas en los edificios. Orden del MOPU de 29 de Septiembre de 1988 (BOE 7.9.81 - 3.9.82 -7-10.82 - 8.10.88).
- Ley 7/1994 de 18 de Mayo, de Protección Ambiental.
- Decreto 153/1996 de 30 de Abril, por el que se aprueba el Reglamento de Informe Ambiental.

SEGURIDAD Y SALUD

- Ley de 31/1995, de 8 de Noviembre de Prevención de Riesgos Laborales.
- Real Decreto 1627/1997, de 24 de Octubre, por el que se establecen disposiciones mínimas de seguridad y salud en las obras de construcción.

2. CONDICIONES GENERALES

2.1. CONDICIONES GENERALES FACULTATIVAS

2.1.1. DIRECCIÓN FACULTATIVA

Artículo 1. Dirección facultativa.

La Dirección Facultativa de las obras e instalaciones recaerá en el Ingeniero que suscribe, salvo posterior acuerdo con la Propiedad.

Artículo 2. Facultades de la dirección facultativa.

Además de las facultades particulares que corresponden a la Dirección Facultativa, expresadas en los artículos siguientes, es misión específica suya la dirección y vigilancia de los trabajos que se realicen, con autoridad técnica legal, completa e indiscutible sobre las personas y cosas situadas en obra y con relación con los trabajos que para la ejecución del contrato se lleven a cabo pudiendo incluso con causa justificada, recusar en nombre de la propiedad al Contratista, si considera que al adoptar esta solución es útil y necesaria para la debida marcha de la obra.

Con este fin el Contratista se obliga a designar sus representantes de obra, los cuales atenderán en todas las observaciones e indicaciones de la Dirección Facultativa asimismo, el Contratista se obliga a facilitar a la Dirección Facultativa la inspección y vigilancia de todos los trabajos y a proporcionar la información necesaria sobre el incumplimiento de las condiciones de la contrata y el ritmo de realización de los trabajos, tal como está previsto en el plan de obra.

A todos estos efectos el Adjudicatario estará obligado a tener en la obra durante la ejecución de los trabajos el personal técnico, los capataces y encargados necesarios que a juicio de la Dirección Facultativa sean necesarios para la debida conducción y vigilancia de las obras e instalaciones.

Artículo 3. Responsabilidades de la dirección facultativa por el retraso de la obra.

El Contratista no podrá excusarse de no haber cumplimentado los plazos de obra estipulados, alegando como causa la carencia de planos y órdenes de la Dirección Facultativa, a excepción del caso en que la Contrata, en uso de las facultades que en este artículo se le conceda los haya solicitado por escrito a la Dirección Facultativa y éste no los haya entregado.

En este único caso, el Contratista quedará facultado para recurrir entre los amigables compondores previamente designados, los cuales decidirán sobre la procedencia o no del requerimiento, en caso afirmativo, la Dirección Facultativa será la responsable del retraso sufrido, pero únicamente en las unidades de obra afectadas por el requerimiento del Contratista y las subsiguientes que con ellas estuviesen relacionadas.

Artículo 4. Cambio del director de obra.

Desde que se dé inicio a las obras, hasta su recepción provisional, el Contratista designará un jefe de obra como representante suyo autorizado, que cuidará que los trabajos sean llevados con diligencia y competencia. Este jefe estará expresamente autorizado por el Contratista para percibir notificaciones de las órdenes de servicios y de las instrucciones escritas o verbales emitidas por la Dirección Facultativa y para asegurar que dichas órdenes se ejecuten. Así mismo estará

expresamente autorizado para firmar y aceptar las mediciones realizadas por la Dirección Facultativa.

Cualquier cambio que el Contratista desee efectuar respecto a su representante y personal cualificado y en especial del jefe de obra deberá comunicarlo a la Dirección Facultativa, no pudiendo producir el relevo hasta la aceptación de la Dirección Facultativa de las personas designadas.

Cuando se falte a lo anteriormente prescrito, se considerarán válidas las notificaciones que se efectúen al individuo más caracterizado o de mayor categoría técnica de los empleados y empresarios de las obras, y en ausencia de todos ellos, las depositadas en la residencia designada como oficial del Contratista en el contrato de adjudicación, aún en ausencia o negativa del recibo por parte de los dependientes de la Contrata.

2.1.2. OBLIGACIONES Y DERECHOS DEL CONTRATISTA

Artículo 5. Obligaciones y derechos del contratista.

El Director de Obra podrá exigir al Contratista la necesidad de someter a control todos los materiales que se han de colocar en las obras, sin que este control previo sea una recepción definitiva de los materiales. Igualmente tiene el derecho a exigir cuantos catálogos certificados, muestras y ensayos que estime oportunos para asegurarse de la calidad de los materiales.

Una vez adjudicados la obra definitiva y antes de su instalación, el Contratista presentará al técnico encargado, los catálogos, muestra, etc. Que se relacionen en este pliego, según los distintos materiales. No se podrán emplear

materiales sin que previamente hayan sido aceptados por la Dirección de Obra. Si el fabricante no reúne la suficiente garantía a juicio del Director de Obra, antes de instalarse comprobará sus características en un laboratorio oficial, en el que se realizara las pruebas necesarias.

El control previo no constituye su recepción definitiva pudiéndose ser rechazados por la Dirección de la Obra aun después de colocados si no cumplen con las condiciones exigibles en el presente Pliego de Condiciones debiéndose ser reemplazados por otros que cumplen con las calidades exigibles y a cargo de la Contrata.

Artículo 6. Remisión por solicitud de ofertas.

Por la Dirección facultativa se solicitarán ofertas a las Empresas especializadas del sector, para la realización de las instalaciones especificadas en el presente proyecto, para lo cual se pondrá a disposición de los ofertantes un ejemplar del citado proyecto o un extracto con los datos suficientes.

En caso de que el ofertante lo estime de interés deberá presentar además de la mencionada, la o las soluciones que recomiende para resolver la instalación.

El plazo máximo fijado para la recepción de las ofertas será de un mes.

Artículo 7. Presencia del contratista en la obra.

El Contratista, por si o por medio de sus representantes o encargados estará en la obra durante la jornada legal de trabajo y acompañará a la Dirección Facultativa en las visitas que hará en la obra durante la jornada laboral.

Por si, o por medio de sus representantes asistirá a las reuniones de obra

que

se convoquen, no pudiendo justificar por motivo de ausencia ninguna reclamación a las órdenes cruzadas por la Dirección Facultativa en el transcurso de las reuniones.

Artículo 8. Oficina de obra.

El Contratista habilitará una oficina de obra en la que existirá una mesa o tablero adecuado, para extender y consultar sobre él los planos. En dicha oficina tendrá siempre el Contratista una copia autorizada de todos los documentos del proyecto que le hayan sido facilitados por la Dirección facultativa y el libro de órdenes.

Artículo 9. Residencia del contratista.

Desde que se dé comienzo a las obras hasta su recepción definitiva, el Contratista, o un representante suyo autorizado, deberá residir en un punto próximo al de ejecución de los trabajos y no podrá ausentarse de él sin previo conocimiento de la Dirección facultativa y notificándole expresamente la persona que, durante su ausencia, le ha de representar en todas sus funciones.

Cuando se falte a lo anteriormente prescrito, se considerarán válidas las Notificaciones que se efectúen al individuo más caracterizado o de mayor categoría técnica de los empleados u operarios de cualquier ramo que, como dependientes de la Contrata intervengan en las obras y, en ausencia de ellos, las depositadas en la residencia, designada como oficial, de la Contrata en los documentos del proyecto, aún en ausencia o negativa por parte de los dependientes de la contrata.

Artículo 10. Recusación por el contratista del personal nombrado por la Dirección facultativa.

El Contratista no podrá recusar al personal técnico de cualquier índole, dependiente de la Dirección facultativa o de la propiedad, encargado de la vigilancia de las obras, ni pedir por parte de la propiedad se designen otros facultativos para los reconocimientos y mediciones. Cuando se crea perjudicado con los resultados de éstos, procederá de acuerdo con lo estipulado en el artículo 12, pero que sin por esta causa pueda interrumpirse la marcha de los trabajos.

2.1.3. TRABAJOS, MATERIALES Y MEDIOS AUXILIARES

Artículo 11. Libro de órdenes.

El Contratista tendrá siempre en la oficina de la obra y a su disposición de la Dirección Facultativa un libro de órdenes con sus hojas foliadas por duplicado y visado por el colegio profesional correspondiente. En el libro se redactarán todas las órdenes que la Dirección Facultativa crea oportuno dar al Contratista para que adopte las medidas de todo género que puedan sufrir los obreros.

Cada orden deberá ser firmada por la Dirección Facultativa y por el Contratista o por su representante en obra, la copia de cada orden quedará en poder de la Dirección Facultativa.

El hecho de que en el libro no figuren redactadas las órdenes que ya preceptivamente tienen la obligación de cumplimentar el Contratista de acuerdo con lo establecido en las normas oficiales, no supone atenuante

alguno para las responsabilidades que sean inherentes al Contratista, no podrá tener en cuenta ningún acontecimiento o documento que no haya quedado mencionado en su momento oportuno en el libro de órdenes.

Artículo 12. Reclamaciones contra la Dirección Facultativa.

Las reclamaciones que el Contratista quiera hacer contra las órdenes de la Dirección Facultativa sólo podrán presentarlas a través de la misma ante la Propiedad, si ellas son de orden económico y de acuerdo con condiciones estipuladas en los Pliegos de Condiciones correspondientes; contra disposiciones de orden técnico o facultativo de la Dirección Técnica, no se admitirá reclamación alguna, pudiendo el Contratista salvar sus responsabilidades, si lo estima oportuno, mediante exposición razonada dirigida a la Dirección Facultativa la cual podrá limitar su contestación al acuse de recibo, que en todo caso será obligatorio para este tipo de reclamaciones.

Artículo 13. Despidos por insubordinación, incapacidad y mala fe.

Por falta de respeto y obediencia a la Dirección Facultativa o al personal encargado de la vigilancia de las obras por manifiesta incapacidad, o por actos que comprometan o perturben la marcha de los trabajos, el contratista tendrá obligación de despedir a sus dependientes y operarios a requerimiento de la Dirección Facultativa.

Artículo 14. Orden de los trabajos.

El Director de Obra fijará en el orden que hayan de seguirse en la

realización

de las distintas partes que componen este Proyecto, así como las normas a seguir en todo lo no regulado en el presente Proyecto.

En general, la determinación del orden de los trabajos será facultad potestativa

de la Contrata, salvo aquellos casos en que, por cualquier circunstancia de orden técnico o facultativo, estime conveniente su variación la Dirección.

Estas órdenes deberán comunicarse precisamente por escrito a la Contrata y ésta estará obligada a su estricto cumplimiento, siendo directamente responsable de cualquier daño o perjuicio que pudiera sobrevenir por su incumplimiento.

Artículo 15. Replanteo.

Antes de dar comienzo las obras, la Dirección Facultativa auxiliada del personal subalterno necesario y en presencia del Contratista o de su representante, procederá al replanteo general de la obra. Una vez finalizado el mismo, se levantará acta de comprobación del replanteo.

Los replanteos de detalle se llevarán a cabo de acuerdo con las instrucciones y órdenes de la Dirección Facultativa, quien realizará las comprobaciones necesarias en presencia del Contratista o de su representante.

El Contratista se hará cargo de las estacas, señales y referencias que se dejen en el terreno como consecuencia del replanteo.

El contratista está obligado a satisfacer los gastos de replanteo, tanto en general como parciales, y sucesivas comprobaciones.

Así mismo, serán de cuenta del contratista los que originen el alquiler o adquisición de los terrenos para depósitos de maquinaria y materiales, los de protección de materiales y obra contra todo deterioro, daño e incendio, cumpliéndose los requisitos vigentes para almacenamiento de carburantes desde los puntos de vista de seguridad y accidentes, los de limpieza y evacuación de los desperdicios, basura, escombros, etc., los motivados por desagües y señalización y demás recursos.

También serán de cuenta del Contratista los gastos totales de Dirección Facultativa y desplazamiento de personal y material para la inspección y vigilancia, recepción y liquidación.

Artículo 16. Comienzo de las obras.

El contratista deberá dar comienzo a las obras en el plazo marcado en el Contrato de adjudicación de la obra desarrollándose en las formas necesarias para que dentro de los periodos parciales en aquel reseñados, queden ejecutadas las obras correspondientes y que, en consecuencia la ejecución total se lleve a cabo dentro del plazo exigido por el Contrato.

Obligatoriamente y por escrito, deberá el Contratista dar cuenta a la Dirección Facultativa del comienzo de los trabajos, antes de transcurrir veinticuatro horas de su iniciación. Previamente se habrá suscrito el acta de replanteo en las condiciones establecidas en el artículo 15.

Artículo 17. Plazo de ejecución.

Los plazos de ejecución total y parciales, indicados en el contrato, se

empezarán a contar a partir de la fecha de replanteo, que no exceda de 7 días a partir de la fecha de la contrata, y deberán quedar terminadas en el plazo improrrogable de 12 meses, contados a partir de la fecha del acta de replanteo.

El Contratista estará obligado a cumplir con los plazos que se señalen en el

contrato para la ejecución de las obras y que serán improrrogables.

No obstante además de lo anteriormente indicado, los plazos podrán ser objeto de modificaciones cuando así resulte por cambios determinados por el Director de Obra debidos a exigencias de la realización de las obras y siempre que tales cambios influyan realmente en los plazos señalados en el Contrato.

Si por cualquier causa ajena por completo al Contratista, no fuera posible empezar los trabajos en la fecha prevista o tuvieran que ser suspendidos una vez empezados, se concederá por el Director Obra la prórroga estrictamente necesaria.

Artículo 18. Condiciones generales de ejecución de los trabajos.

Todos los trabajos se ejecutarán con estricta sujeción al Proyecto que haya

servido de base a la Contrata a las modificaciones del mismo que, previamente hayan sido aprobadas a las órdenes e instrucciones que bajo su responsabilidad y por escrito entregue la Dirección Facultativa al Contratista siempre que éstas encajen dentro de la cifra a que ascienden los presupuestos aprobados.

Artículo 19. Trabajos defectuosos.

El Contratista debe emplear los materiales que cumplan con las condiciones exigidas en las condiciones generales de índole técnico del Pliego de Condiciones en la edificación y realizará todos y cada uno de los trabajos contratados de acuerdo con lo especificado también en dicho documento.

Por ello, y hasta que tenga lugar la recepción definitiva de la obra, el Contratista

es el único responsable de la ejecución de los trabajos que ha contratado y de las faltas y defectos que en estos puedan existir, por su mala ejecución o por la deficiente calidad de los materiales empleados o aparatos colocados, sin que pueda servirle la excusa ni le otorgue derecho alguno, la circunstancia de que la Dirección Facultativa o sus subalternos no le hayan llamado la atención sobre el particular, ni tampoco el hecho de que hayan sido valorados en las certificaciones parciales de la obra que siempre se supone que se extienden y abonan a buena cuenta.

Como consecuencia de lo anteriormente expresado, cuando la Dirección Facultativa o su representante en la obra advierta vicios o defectos en los trabajos ejecutados, o que los materiales empleados, o los aparatos colocados no reúnan las condiciones preceptuadas, ya sea en el curso de la ejecución de los trabajos, o finalizados estos y antes de verificarse la recepción definitiva de la obra, podrá disponer que las partes defectuosas sean demolidas y reconstruidas de acuerdo con lo contratado y todo ello a expensas de la Contrata.

Si ésta no estimase justa la resolución y se negase a la demolición y reconstrucción ordenadas, se procederá con lo establecido en el artículo 22.

Artículo 20. Aclaraciones y modificaciones de los documentos del Proyecto.

Cuando se trata de aclarar, interpretar o modificar preceptos de los Pliegos de

Condiciones, las órdenes e instrucciones de los planos, las órdenes e instrucciones correspondientes se comunicarán por escrito al Contratista, estando éste obligado a su vez a devolver, ya los originales, ya las copias, suscribiendo con su firma al enterado, que figura así mismo en todas las órdenes, avisos o instrucciones que reciba tanto de la Propiedad como de la Dirección Técnica.

Cualquier reclamación que en contra de las disposiciones tomadas por estos

crea oportuno no hacer el Contratista, habrá de dirigirla, dentro del plazo de 15 días a la Dirección Facultativa, la cual dará al Contratista el correspondiente recibo si éste lo solicitase.

Artículo 21. Ampliación del Proyecto por causas imprevistas de fuerza mayor.

Si por causa de fuerza mayor o independencia de la voluntad del Contratista y siempre que esta causa sea distinta de las que se especifiquen, como la rescisión en el capítulo de condiciones generales de índole legal, aquel no pudiese comenzar las obras, o tuviese que suspenderlas, o no le fuera posible terminirlas en los plazos prefijados se

le otorgará una prórroga proporcionada para el cumplimiento de la Contrata, previo informe de la Dirección Facultativa.

Para ello, el Contratista expondrá por escrito dirigido a la Dirección Facultativa, la causa que impide la ejecución o la marcha de los trabajos y el retraso de que por ello se originaría en los plazos acordados razonando la prórroga que por dicha causa se solicita.

Artículo 22. Obras ocultas.

De todos los trabajos donde haya unidades de obra que tienen que quedar ocultos a la terminación del edificio, se levantarán los planos precisos indispensables para que queden perfectamente definidos; estos documentos se extenderán por triplicado y se entregarán uno al Propietario, otro a la Dirección Facultativa y el tercero al Contratista, firmados todos ellos por estos dos últimos.

Dichos planos, que deberán ir acotados, se considerarán documentos indispensables e irrecusables para efectuar las mediciones.

Artículo 23. Vicios ocultos.

Si la Dirección Facultativa tuviese fundadas razones para creer la existencia de vicios ocultos de construcciones en las obras ejecutadas, ordenará efectuar en cualquier tiempo y antes de la recepción definitiva, las demoliciones que crea necesarias para reconocer los trabajos que supone defectuosos.

Los gastos de demoliciones y reconstrucción que se ocasiona serán de cuenta del Contratista, siempre que los vicios existan realmente y en caso contrario correrán a cargo del Propietario.

Artículo 24. Características de los materiales, de los aparatos y su procedencia.

El Contratista tiene libertad de proveerse de los materiales y aparatos de todas las clases en los puntos que le parezcan convenientes, siempre que reúnan las condiciones exigidas en el Contrato, que están perfectamente preparados para el objeto a que se apliquen y sea, a lo preceptuado en el Pliego de Condiciones y a las condiciones y a las instrucciones de la Dirección Facultativa.

Artículo 25. Empleo de los materiales y aparatos.

No se procederá al empleo y colocación de los materiales y aparatos que no fuesen de la calidad requerida, sin que antes sean examinados y aceptados por la Dirección Facultativa, en los términos que prescriben los Pliegos, depositando al efecto el Contratista las muestras y modelos necesarios previamente contrastados, para efectuar en ellos las comprobaciones, ensayos o pruebas preceptuadas en el Pliego de Condiciones vigente en la obra. Los gastos que ocasionen los ensayos, análisis, pruebas, etc. antes indicadas será a cargo del Contratista.

Artículo 26. Materiales no utilizables.

El Contratista, a su costa transportará y colocará agrupándolos ordenadamente en el sitio de la obra en el que por no causar perjuicios a la marcha de los trabajos se le designe, los materiales procedentes de las excavaciones, derribos, etc. que no serán utilizables en la obra. Se retirarán de ésta o se llevarán al vertedero cuando así estuviese establecido en el Pliego de Condiciones Particulares vigente en la obra.

Si no se hubiese preceptuado nada sobre el particular se retirarán de ella

cuando así lo ordene la Dirección Facultativa, pero acordando previamente con el Contratista la justa tasación de dichos materiales y los gastos de sus transportes.

Artículo 27. Materiales y aparatos defectuosos.

Cuando los materiales no fuesen de la calidad requerida o no estuviesen preparados, la Dirección Facultativa dará orden al Contratista para que los reemplace por otros que se ajusten a las condiciones requeridas por los pliegos de condiciones, o a falta de estas a las órdenes de la Dirección Facultativa.

La Dirección Facultativa podrá permitir el empleo de aquellos materiales defectuosos que mejor le parezcan o aceptar el empleo de otros de calidad superior a la indicada en los pliegos; si no le fuese posible al Contratista suministrarlos en el modo requerido por ellos, se descontará en el primer caso la diferencia de precio del material requerido al defectuoso empleado y no teniendo derecho el Contratista a indemnización alguna en el segundo.

Artículo 28. Medios auxiliares.

Serán de cuenta y riesgo del Contratista los andamiajes, máquinas y demás medios auxiliares que para la debida marcha y ejecución de los trabajos se necesitan al Propietario responsabilidad alguna por cualquier avería o accidente personal que pueda ocurrir en las obras por insuficiencia de dichos medios auxiliares.

Todos estos, siempre que no se haya estipulado lo Contrario en las condiciones particulares de la obra quedarán a beneficio del Contratista, sin que este pueda fundar reclamación alguna en la insuficiencia de dichos medios, cuando estos estén detallados en el presupuesto y

consignados por partida alzada o incluidos en los precios de las unidades de obra.

En caso de rescisión por incumplimiento del Contrato por parte del Contratista, los medios auxiliares del Constructor podrán ser utilizados libre y gratuitamente por la Administración, para la terminación de las obras.

En cualquier caso, todos estos medios auxiliares quedarán en propiedad del Contratista una vez terminadas las obras, pero ningún derecho tendrá a reclamación alguna por parte de los desperfectos a que su uso haya dado lugar.

Artículo 29. Medidas de seguridad.

El Contratista deberá atenerse a las disposiciones vigentes sobre la seguridad e higiene en el trabajo, tanto en lo que se refiere al personal de la obra como a terceros.

Como elemento primordial de seguridad se prescribirá el establecimiento de señalización necesaria tanto durante el desarrollo de las obras, como durante su explotación, haciendo referencia bien a peligros que existan o a las limitaciones de las estructuras.

Se utilizarán, cuando existan, las correspondientes señales establecidas por el Ministerio competente, y en su defecto por departamentos nacionales u organismos internacionales.

2.1.4. RECEPCIÓN PROVISIONAL, PLAZO DE GARANTÍA Y RECEPCIÓN DEFINITIVA

Tanto en la recepción provisional, como definitiva, se observará lo regulado en el artículo 169 y siguientes del Reglamento de Contratación y en el Pliego de Cláusulas Administrativas Generales.

Artículo 30. Recepción provisional.

Terminado el plazo de ejecución de las obras y puesta en servicio, se procederá a la recepción provisional de las mismas estando presente la comisión que designe el Contratista y el Director de Obra. Se realizarán todas las pruebas que el Director de Obra estime oportunas para el cumplimiento de todo lo especificado en este pliego y buena ejecución y calidad de las mismas, siendo inapelable el fallo que dicho Director, a la vista del resultado de las mismas, de donde sobre la validez o invalidez de las obras ejecutadas.

Si las obras se encuentran en buen estado y han sido ejecutadas con arreglo a las condiciones establecidas, se darán por recibidas provisionalmente comenzando a correr en dicha fecha el plazo de garantía señalado en el presente pliego y precediéndose, en el plazo más breve posible, a su medición general y definitiva, con asistencia del Contratista o su representante.

Cuando las obras no se encuentren en estado de ser recibidas, se hará constar en el acta especificando las premisas que el Director de Obra debe señalar al Contratista para remediar los defectos observados, fijando un plazo para ello.

Artículo 31. Conservación de los trabajos recibidos provisionalmente.

Si el Contratista, siendo su obligación, no atiende a la conservación de la obra

durante el plazo de garantía, en el caso de que el edificio no haya sido ocupado por el propietario, procederá a disponer todo lo que se precise para que se atienda a la guardería, limpieza y todo lo que fuese menester para su buena conservación, abonándose todo ello por cuenta de la Contrata.

Al abandonar el Contratista el edificio, tanto por buena terminación de las obras, como en el caso de rescisión de contrato, está obligado a dejarlo desocupado y limpio en el plazo que la Dirección Facultativa fije.

Después de la recepción provisional del edificio y en el caso de que la conservación del mismo corra a cargo del Contratista, no deberá haber en él más herramientas, útiles, materiales, muebles, etc., que los indispensables para su guardería y limpieza y para los trabajos que fuere preciso realizar.

En todo caso, ocupado o no el edificio, está obligado el Contratista a revisar y repasar la obra durante el plazo expresado, procediendo en la forma prevista en el presente Pliego de Condiciones Económicas.

El Contratista se obliga a destinar a su costa a un vigilante de las obras que prestará su servicio de acuerdo con las órdenes recibidas de la Dirección Facultativa.

Artículo 32. Plazo de garantía.

El plazo de garantía será de un año a contar desde la fecha de su recepción provisional.

Durante el periodo de garantía todas las reparaciones derivadas de mala construcción imputables al contratista serán abonadas por éste.

Si el Director de Obra tuviera fundadas razones para creer en la existencia de vicios de construcción en las obras ejecutadas, ordenará efectuar antes de la recepción definitiva las demoliciones que crea necesarias para reconocer los trabajos.

Los gastos derivados en dichas demoliciones correrán a cargo del Contratista, siempre que existan tales vicios, en caso contrario correrán a cargo de la Propiedad.

Artículo 33. Recepción definitiva.

Pasado el plazo de garantía, si las obras se encuentran en perfecto estado de uso y conservación, de acuerdo al presente pliego, se darán por recibidas definitivamente.

Una vez recibidas definitivamente las obras se procederá de inmediato a su liquidación y resolución de la fianza de la que se detraerán las sanciones o cargas que procedan conforme a lo estipulado en el presente pliego.

En caso de que las obras no se encuentren en estado para la recepción definitiva, se procederá de igual forma que para la recepción provisional sin que el Contratista tenga derecho a percibir cantidad alguna en concepto de ampliación del plazo de garantía.

2.1.5. CASOS NO PREVISTOS EN ESTE PLIEGO

El Director de Obra dará las normas a seguir en todo aquello que no quede regulado en este Pliego de Condiciones.

2.2. CONDICIONES GENERALES ECONÓMICAS

2.2.1. BASE FUNDAMENTAL

Artículo 34. Alcance.

Comprenderán las que afecten al coste y pago de las obras contratadas, al plazo y forma de las entregas, a las fianzas y garantías para el cumplimiento del Contrato establecido, a los casos que proceden las mutuas indemnizaciones y todas las que se relacionen con la obligación contraída por el Propietario a satisfacer el importe y la remuneración del trabajo contratado, una vez ejecutadas, parcial o totalmente por el Contratista, y de acuerdo con las condiciones convenidas, las que le fueran adjudicadas.

Artículo 35. Base fundamental.

La base fundamental de estas condiciones es la de que el Contratista debe percibir el importe de todos los trabajos ejecutados, siempre que estos se hayan realizado con arreglo y sujeción al Proyecto y condiciones generales y particulares que rijan la construcción contratada.

2.2.2. GARANTÍAS DE CUMPLIMIENTO Y FIANZAS

Artículo 36. Garantías.

El Ingeniero Director podrá exigir al Contratista la presentación de referencias bancarias o de otras entidades o personas, al objeto de cerciorarse de si éste reúne todas las condiciones requeridas para el exacto cumplimiento del contrato; dichas referencias, si le son pedidas, las presentará el Contratista antes de la firma del contrato.

Artículo 37. Fianzas.

Si la obra se adjudica por subasta, el depósito para tomar parte de ella se especificará en el anuncio de la misma y su cuantía será de un 3% como mínimo del total del presupuesto de la contrata.

La persona o entidad a quien se haya adjudicado la ejecución de la obra, deberá depositar en el punto y plazo marcados en el anuncio de la subasta la fianza definitiva de estas y, en su defecto, su importe será del 10% de la cantidad por la que se otorgue la adjudicación de la obra.

La fianza que se exigirá al Contratista se convendrá entre el Ingeniero y el Contratista, entre una de las siguientes:

- Depósito de valores públicos del Estado por un importe del 10% del presupuesto de la obra contratada.
- Depósito en metálico de la misma cuantía indicada en el anterior apartado.
- Depósito previo en metálico de la misma cuantía del 10% del presupuesto mediante deducción del 5% efectuada del importe de cada certificación abonada al Contratista.
- Descuento del 10% efectuado sobre el importe de cada certificación abonada al Contratista.

Artículo 38. Ejecución de los trabajos con cargo a la fianza.

Si el Contratista se negara a hacer por su cuenta los trabajos precisos para ultimar la obra en las condiciones contratadas, el Ingeniero, en nombre y representación del Propietario, los ordenará ejecutar a un tercero, o directamente por Administración abonando su importe con la

fianza depositada, sin perjuicio de las acciones legales a que tenga derecho el Propietario en el caso de que el importe de la fianza no baste para abonar el importe de los gastos efectuados en las unidades de obra que no fueran de recibo.

Artículo 39. Devolución de la fianza.

La fianza será devuelta al Contratista en el plazo que no exceda de 8 días, una vez firmada el acta de recepción definitiva de la obra, siempre que el Contratista haya acreditado, por medio de la certificación del Alcalde al Distrito Municipal en cuyo término se halle emplazada la obra contratada, y no haya reclamación alguna contra aquel por los daños y perjuicios que sean de su cuenta o por deudas de jornales o materiales, ni por indemnizaciones derivadas de accidentes ocurridos en el trabajo.

2.2.3. PENALIZACIONES

Artículo 40. Importe de indemnización por retraso no justificado.

El importe de la indemnización que debe abonar el Contratista, por causa de retraso no justificada en el plazo de terminación de las obras contratadas, se fijará entre cualquiera de los siguientes:

- Una cantidad fija durante el tiempo del retraso.
- El importe de la suma de perjuicios materiales causados por la imposibilidad de ocupación del inmueble, previamente fijados.
- El abono de un tanto por ciento anual sobre el importe del capital desembolsado a la terminación del plazo fijado y durante el tiempo que dure el retraso.

La cuantía y el procedimiento a seguir para fijar el importe de la indemnización, entre los anteriores especificados, se obtendrán expresamente entre ambas partes contratantes, antes de la firma del Contrato; a falta de este previo convenio, la cuantía de la indemnización se entiende que será el abono por el Contratista al Propietario de un interés del 4,5% anual, sobre las sumas totales de las cantidades desembolsadas por el Propietario, debidamente justificadas y durante el plazo de retraso de la entrega de las obras, en las condiciones contratadas.

2.2.4. PRECIOS Y REVISIONES

Artículo 41. Precios contradictorios.

Si ocurriese algún caso por virtud del cual fuese necesario fijar un nuevo precio, se procederá a estudiarlo y convenirlo contradictoriamente de la siguiente forma:

El Contratista formulará por escrito, bajo su firma, el precio que, a su juicio, debe aplicarse a la nueva unidad.

La Dirección técnica estudiará el que, según su criterio, debe utilizarse.

Si ambos son coincidentes se formulará por la Dirección técnica el acta de avenencia, igual que si cualquier pequeña diferencia o error fuesen salvados por simple exposición y convicción de una de las partes, quedando así formalizado el precio contradictorio.

Si no fuera posible conciliar por simple discusión los resultados, la Dirección Facultativa propondrá a la Propiedad que adopte la resolución

que estime conveniente, que podrá ser aprobatoria del precio exigido por el Contratista o, en otro caso, la segregación de la obra o instalación nueva, para ser ejecutada por administración o por otro adjudicatario distinto.

La fijación del precio contradictorio habrá de preceder necesariamente al comienzo de la nueva unidad, puesto que, si por cualquier motivo ya se hubiese comenzado, el Contratista estará obligado a aceptar el que buenamente quiera fijarle la Dirección Facultativa y a concluir a satisfacción de éste.

De los precios así acordados se levantarán actas que firmarán por triplicado el Director de Obra, el Propietario y el Contratista o los representantes autorizados a estos efectos por estos últimos.

Artículo 42. Revisión de precios.

Si los vigentes precios de jornales, cargas sociales y materiales, en el momento de firmar el Contrato, experimentan una variación oficial en más o menos de 5%, podrá hacerse una revisión de precios a petición de cualquiera de las partes, que se aplicará a la obra que falte por ejecutar. En caso de urgencia podrá autorizarse la adquisición de materiales a precios superiores, siendo el abono de la diferencia con los contratos.

Contratándose las obras a riesgo y ventura, es natural por ello que en principio no se debe admitir la revisión de los precios contratados. No obstante y dada la variabilidad continua de los precios de los jornales y sus cargas sociales, así como la de los materiales y transportes, que son características de determinadas épocas anormales se admite durante el

as la rescisión de los precios contratados, bien en alza o en baja y en armonía con las oscilaciones de los precios del mercado.

El Contratista puede solicitar la revisión en alza del Propietario en cuanto se produzca cualquier alteración de precio que repercuta aumentando los contratados. Ambas partes convendrán el nuevo precio unitario antes de comenzar o de recontinuar la ejecución de la unidad de obra en que intervenga el elemento cuyo precio en el mercado y por causas justificadas haya subido, especificándose y acordándose también previamente la fecha a partir de la cual se tendrá en cuenta y cuando proceda, el acopio de materiales en la obra en el caso que estuviese abonado total o parcialmente por el Propietario.

Si el Propietario o el Ingeniero en su representación no estuviese conforme con los nuevos precios de materiales que el Contratista desea percibir como normales en el mercado, aquel tiene la facultad de proponer al Contratista, en cuyo caso se tendrá en cuenta para la revisión, los precios de los materiales adquiridos por el Contratista merced a la información del Propietario.

Cuando entre los documentos aprobados por ambas partes figurase el relativo a los precios unitarios contratados descompuestos, se seguirá un procedimiento similar al preceptuado en los casos de revisión por alza de precios.

Artículo 43. Reclamaciones de aumentos de precios.

Si el Contratista, antes de la firma del contrato no hubiese hecho la reclamación y observación oportuna, no podrá bajo ningún pretexto de error u omisión reclamar aumento de los precios fijados en el cuadro correspondiente del presupuesto que se aprobase para la ejecución de las obras.

Tampoco se le admitirá reclamación de ninguna especie fundada en indicaciones que, sobre las obras, se hagan en la Memoria, por no servir este documento de base a la Contrata. Las equivocaciones materiales o errores aritméticos en las unidades de obra o en su importe, se corregirán en cualquier época que se observen, pero no se tendrán en cuenta a los efectos de la rescisión del contrato, señalados en los documentos relativos a las Condiciones Generales o Particulares de Índole Facultativa, sino en el caso de que la Dirección Facultativa o el Contratista los hubieran hecho notar dentro del plazo de cuatro meses contados desde la fecha de la adjudicación.

Las equivocaciones materiales no alterarán la baja proporcional hecha en la Contrata, respecto del importe del presupuesto que ha de servir de base a la misma, puesto esta baja se fijará siempre por la relación entre las cifras de dicho presupuesto, antes de las correcciones y la cantidad ofrecida.

Artículo 44. Normas para la adquisición de los materiales.

Si al Contratista se le autoriza a gestionar y adquirir los materiales, deberá presentar al Propietario los precios y las muestras de los materiales necesitando su previa aprobación antes de adquirirlos.

Si los materiales fuesen de inferior calidad a las muestras presentadas y aprobadas, el Contratista adquiere la obligación de rechazarlos hasta que se le entreguen otros de las calidades ofrecidas y aceptadas. A falta del

cumplimiento de esta obligación, el Contratista indemnizará al Propietario con el importe de los perjuicios que por su incumplimiento se originen, cuya cuantía la evaluará el Ingeniero Director.

Artículo 45. Intervención administrativa del Propietario.

Todos los documentos que deben figurar en las cuentas de administración llevarán la conformidad del representante en los partes de jornales, transportes y materiales, firmando su conformidad en cada uno de ellos.

Artículo 46. Mejora de obras.

No se admitirán mejorar las obras, más que en el caso que el Ingeniero haya ordenado por escrito la ejecución de los trabajos nuevos o que mejoren la calidad de los contratados.

Tampoco se admitirán aumentos de obra en las unidades contratadas, salvo el caso de error en las mediciones del Proyecto, a menos que el Ingeniero ordene también por escrito la ampliación de las contratadas.

Será condición indispensable que ambas partes contratadas convengan por escrito los importes totales de las unidades mejoradas, los precios de los nuevos materiales y los aumentos de todas las mejoras.

Artículo 47. Unidades de obra no conformes con el Proyecto.

Si el Contratista, por causa Justificada a juicio del Ingeniero propusiera la ejecución de algún trabajo que no esté conforme con las condiciones de la contrata y por causas especiales de excepción la estimase el Ingeniero, éste resolverá dando conocimiento al Propietario y estableciendo contradictoriamente con el Contratista la rebaja del precio.

2.2.5. MEDICIÓN, VALORACIÓN Y ABONO DE LAS UNIDADES DE OBRA

Artículo 48. Medición, valoración y abono de las unidades de obra.

El pago de obras realizadas se hará sobre certificaciones parciales que se practicarán mensualmente. Dichas certificaciones contendrán solamente las unidades de obra totalmente terminadas que se hubieran ejecutado en el plazo a que se refieran.

La relación valorada que figure en las certificaciones, se hará con arreglo a los precios establecidos y con la cubicación, planos y referencias necesarias para su comprobación.

La comprobación, aceptación o reparos deberán quedar terminados por ambas partes en un plazo máximo de 15 días.

El Director de Obra expedirá las certificaciones de las obras ejecutadas, que tendrán carácter provisional a buena cuenta, verificables por la liquidación definitiva o por cualquiera de las certificaciones siguientes, no suponiendo por otra parte, aprobación ni recepción de las obras ejecutadas y comprendidas en dichas certificaciones.

Serán de abono al Contratista las obras de fábrica ejecutadas con arreglo a condiciones y con sujeción a los planos del Proyecto o a las modificaciones introducidas por el Director Técnico en el replanteo o durante la ejecución de las obras, que constarán en planos de detal e y órdenes escritas. Se abonarán por su volumen o su superficie real de acuerdo con lo que se especifique en los correspondientes precios unitarios que figuran en el cuadro de precios.

Artículo 49. Mediciones parciales y finales.

Las mediciones parciales se verificarán en presencia del Contratista, de lo que se levantará acta por duplicado, que será firmada por ambas partes. La medición final se hará después de terminadas las obras con precisa asistencia del Contratista.

En el acta que se extienda, de haberse verificado la medición en los documentos que le acompañan, deberá aparecer la conformidad del Contratista o de su representación legal. En caso de no haber conformidad, lo expondrá sumariamente y a reserva de ampliar las razones que a ello obliga.

Artículo 50. Composición de los precios unitarios.

Los precios unitarios se compondrán preceptivamente de la siguiente forma:

- Mano de obra, por categorías dentro de cada oficio, expresando el número de horas intervenidas por cada operario en la ejecución de cada unidad de obra y los jornales horarios correspondientes.
- Materiales, expresando la cantidad que en cada unidad de obra se precise de cada uno de ellos y su precio unitario respectivo en origen.
- Transporte de materiales, desde el punto de origen al pie de trabajo.
- Tanto por ciento de medios auxiliares y de seguridad.
- Tanto por ciento de gastos generales.
- Tanto por ciento de seguros y cargas sociales.
- Tanto por ciento de beneficio industrial del contratista.

Artículo 51. Composición de los precios por ejecución material.

Se entiende por precio de ejecución material el que importe el coste total de la unidad de obra, es decir, el resultante de la suma de las partidas que importan los conceptos "dos" y "seis", ambos inclusive, del artículo precedente, es decir, p.d.m. será igual a la suma de los cinco primeros conceptos del artículo anterior.

Artículo 52. Composición de los precios por contrata.

En el caso de que los trabajos a realizar en la obra y obra aneja, se entiende por precio de contrata que el importe del coste de la unidad de obra total, es decir, el precio de ejecución material más el tanto por ciento sobre éste último precio en concepto de "beneficio industrial del Contratista".

A falta de convenio especial se aplicará el 15%. De acuerdo con lo establecido se entiende por importe de contrata de un edificio u obra aneja, a la suma de su importe de ejecución material más el 15% de beneficio industrial:

- Imprevistos 1%.
- Gastos de administración y dirección práctica de los trabajos 5%.
- Intereses del capital adelantado por el Contratista 3%.
- Beneficio industrial del Contratista 6%.

Artículo 53. Composición de los precios por administración.

Se denominan obras por administración aquellas en que las gestiones que se precisen realizar, las lleva acabo el Propietario, bien por sí o por un representante suyo, o bien por mediación de su Constructor.

Las obras por administración directa son aquellas en las que el Propietario por sí o por mediación de un representante suyo lleve las gestiones precisas para la ejecución de las obras.

Las obras por administración indirecta son aquellas en las que convienen al Propietario y el Contratista, para que éste por cuenta de aquel y como delegado suyo realice las gestiones y los trabajos que se precisen y así se convengan.

Por parte del Propietario, tiene la obligación de abonar directamente o por mediación del contratista todos los gastos inherentes a la realización de los trabajos.

Por parte del contratista, la obligación de llevar la gestión práctica de los trabajos.

Para la liquidación de los trabajos que se ejecute por administración indirecta, regirán las normas que a tales fines se establece en las Condiciones Particulares de índole Económico vigente en la obra:

- Las facturas de los transportes de materiales entrados en la obra.
- Los documentos justificativos de las partidas abonadas por los seguros y cargas sociales vigentes.

- Las nóminas de los jornales abonados.
- Los recibos de licencias, impuestos y demás cargas inherentes a la obra.
- A la suma de todos los gastos inherentes a la propia obra en cuya gestión o pago haya intervenido el Contratista se le aplicará un 15%, incluidos los medios auxiliares y los de seguridad.

Artículo 54. Precio del material acopiado a pie de obra.

Si el Propietario ordenase por escrito al Contratista el acopio de materiales o aparatos en la obra a los precios contratados y ésta así lo efectuase, los que se hayan acopiado se incluirán en la certificación siguiente a su entrada en la obra.

Artículo 55. Precios de las unidades de obra y de las partidas alzadas.

En los precios de las distintas unidades de obra, en los de aquellas que hayan de abonarse por partidas alzadas, se entenderán que se comprende el de la adquisición de todos los materiales necesarios, su preparación y mano de obra transporte, montaje, colocación, pruebas y toda clase de operaciones y gastos que vayan a realizarse, así como riesgos y gravámenes que puedan sufrirse, aun cuando no figuren explícitamente en el cuadro de precios, para dejar la obra completamente terminada, con arreglo a las condiciones, y para conservarla hasta el momento en que se realice la entrega.

Los precios serán invariables, cualquiera que sea la procedencia de los materiales y el medio de transporte, sin más excepción que la expresada en este Pliego.

Artículo 56. Relaciones valoradas y certificaciones.

Lo ejecutado por el Contratista se valorará aplicando al resultado de la medición general los precios señalados en el presupuesto para cada una de ellas, teniendo en cuenta además lo establecido en el presente pliego respecto a mejoras o sustituciones de materiales y a las obras accesorias y especiales.

Al Contratista se lo facilitarán por el Ingeniero los datos de la certificación, acompañándolos de una nota de envío, al objeto, que dentro del plazo de 10 días a partir de la fecha del envío de dicha nota, pueda el Contratista examinarlos y devolverlos firmados con su conformidad, hacer en caso contrario, las observaciones o reclamaciones que considere oportunas.

Dentro de los 10 días siguientes a su recibo, el Ingeniero aceptará o rechazará las reclamaciones al Contratista si las hubiera, dando cuenta al mismo de su resolución, pudiendo éste, en el segundo caso, acudir ante el Propietario contra la resolución del Ingeniero en la forma prevenida en los pliegos anteriores.

Cuando por la importancia de la obra, o por la clase y número de documentos, no considere el Contratista suficiente aquel plazo para su examen, podrá el Ingeniero concederle una prórroga. Si transcurrido el plazo de 10 días a la prórroga expresada no hubiese devuelto el Contratista los documentos remitidos, se considerará que está conforme con los referidos datos, y expedirá el Ingeniero la certificación de las obras ejecutadas.

El material acopiado a pie de obra por indicación expresa y por escrito del Propietario, podrá certificarse hasta el 90% de su importe, a los que figuren en los documentos del proyecto, sin afectarlos del tanto por ciento de contrata.

Las certificaciones se remitirán al Propietario, dentro del mes siguiente al período a que se refieren, y tendrán el carácter de documento y entregas buena cuenta sujetas a las rectificaciones y variaciones que se deriven de la liquidación final, no suponiendo tampoco dichas certificaciones aprobación ni recepción de las obras que comprenden.

Las relaciones valoradas contendrán solamente la obra ejecutada en el plazo a que la valoración se refiere.

En el caso de que el Ingeniero lo exigiera, las certificaciones se extenderán al origen.

Artículo 57. Valoración en el caso de rescisión.

Cuando se rescinda la contrata por causas que no sean de la responsabilidad del Contratista, las herramientas y demás útiles que como medios auxiliares de la construcción se hayan estado empleando en las obras con autorización del Ingeniero y la contrata y de no mediar acuerdo, por los amigables componedores de índole legal y facultativa.

A los precios de tasación sin aumento alguno, recibirá el Propietario aquellos de dichos medios auxiliares que señalan en las condiciones de cada contrata, o en su defecto los que se consideren necesarios para terminar las obras y quiera reservar para sí el Contratista, entendiéndose que si no tendrán lugar el abono por este concepto, cuando el importe de los trabajos realizados hasta la rescisión no llegue a los tercios de la obra contratada.

Se abonarán los materiales acopiados al pie de obra si son de recibo y de aplicación para terminar esta, en una cantidad proporcionada a la obra pendiente de ejecución, aplicándose a estos materiales los precios que figuren en el cuadro de precios descompuestos. También se abonarán los materiales acopiados fuera de la obra, siempre que se transporten al pie de ella.

En el caso de rescisión por falta de pago o retraso en el abono o suspensión por plazo superior de un año imputable al Propietario, se concederá al contratista además de las cantidades anteriormente expuestas, una indemnización que fijará el Ingeniero, la cual no podrá exceder del 3% del valor de las obras que falten por ejecutar.

En caso de rescisión por alteración de presupuesto o por cualquiera de las causas reseñadas en las condiciones legales, no procederá más que el reintegra al Contratista de los gastos por custodias de fianza, anuncio de subasta y formalización del contrato, sin que pueda reclamar el abono de los útiles destinados a las obras.

En caso de rescisión por falta de cumplimiento en los plazos de obra, no tendrá derecho el Contratista a reclamar ninguna indemnización a las obra pero si a que se abonen las ejecutadas, con arreglo a condiciones y los materiales acopiados a pie de obra que sean de recibo.

Si lo incompleto, es la unidad de obra y la parte ejecutada en ella fuera de recibo, entonces se abonará esta parte con arreglo a lo que correspondan según la descomposición del precio que figura en el cuadro del Proyecto, sin que pueda pretender el Contratista que, por ningún motivo se efectúe la descomposición en otra forma que la que en dicho cuadro figura.

Toda unidad compuesta o mixta no especificada en el cuadro de precios, se valorará haciendo la descomposición de la misma y aplicando los precios unitarios de dicho cuadro a cada una de las partes que la integra, quedando en esta suma, así obtenida, comprendidos todos los medios auxiliares.

En general se dará al Contratista un plazo de tiempo que determinará la Dirección de la Obra, dentro de los límites de 20 y 60 días para poner el material en curso de instalaciones de ser aceptado como obra terminada, teniendo en cuenta que las no finalizadas se liquidarán a los precios

elementales que figuren en el presupuesto, así como los recibos de los materiales a pie de obra que reúnan las debidas condiciones se seguirá por las disposiciones vigentes.

Artículo 58. Equivocaciones en el presupuesto.

Se supone que el Contratista ha hecho detenido estudio de los documento que componen el Proyecto, y por tanto al no haber hecho ninguna observación sobre posibles errores o equivocaciones en el mismo, se entiende que no hay lugar a disposición alguna en cuanto afecta a medidas o precios, de tal suerte, que si la obra ejecutada con arreglo al proyecto contiene mayor número de unidades que las previstas, no tiene derecho a reclamación alguna.

Si por el contrario, el número de unidades fuera inferior, se descontará del presupuesto.

Artículo 59. Formas de abono de las obras.

El abono de los trabajos efectuados se efectuará por uno de los procedimientos siguientes, convenido por el Ingeniero y el Contratista antes de dar comienzo los trabajos:

1º. Tipo fijo o a tanto alzado total.

2º. Tipo fijo o tanto alzado por unidad de obra, cuyo precio invariable se haya fijado de antemano, pudiendo variar el número de unidades ejecutadas.

3º. Tanto variable por unidad de obra según las condiciones en que se realice y los materiales diversos empleados en su ejecución de acuerdo con las órdenes del Ingeniero.

4º. Por lista de jornales y recibos de materiales autorizados en la forma que el presente pliego determina.

5º. Por horas de trabajo ejecutado en las condiciones determinadas en el Contrato.

Artículo 60. Abono de unidades de obra ejecutadas.

El Contratista deberá percibir el importe de todas aquellas unidades de obra que haya ejecutado con arreglo y sujeción a los documentos del Proyecto, a las condiciones de la contrata y a las órdenes e instrucciones que por escrito entregue el Ingeniero.

Artículo 61. Abono de trabajos presupuestados con partidas alzadas.

Si existen precios contratados para unidades de obras iguales a las presupuestadas mediante partida alzada se abonará previa medición y aplicación del precio establecido.

Si existen precios contratados para unidades de obra similares, se establecerá, precios contradictorios para las unidades con partidas alzadas, deducidos de los similares contratados.

Si no existen precios contratados, para unidades de obra iguales o similares, la partida alzada se abonará íntegramente al Contratista, salvo el caso de que en el presupuesto de la obra se exprese que el importe de dicha partida debe justificarse en cuyo caso, el Ingeniero director de la obra indicará al Contratista y con anterioridad a su ejecución, el procedimiento que debe seguirse para llevar dicha cuenta.

Artículo 62. Abono de trabajos ejecutados durante el plazo de garantía.

Efectuada la recepción provisional y si durante el plazo de garantía se hubieran ejecutado trabajos para su abono se procederá así:

- Si los trabajos se realizan y están especificados en el Proyecto, y sin causa justificada no se hubieran realizado por el Contratista a su debido tiempo, y el Ingeniero exigiera su realización durante el plazo de garantía, serán valoradas a los precios que figuren en el presupuesto y abonados de acuerdo con lo establecido en los pliegos particulares o en su defecto en los generales, en el caso de que dichos fueran inferiores a los que rijan en la época de su realización en caso contrario, se aplicarán estos últimos.
- Si se han ejecutado trabajos precisos para la reparación de desperfectos ocasionados por el uso de las obras, por haber sido utilizadas durante dicho plazo por el Propietario, se valorarán y abonarán a los precios del día, nada se abonará por ellos al Contratista.

Artículo 63. Abono de obras incompletas.

Cuando por rescisión u otra causa fuera preciso valorar obras incompletas, se aplicarán los precios del presupuesto sin que pueda pretenderse la valoración de cada unidad de obra en forma distinta, ni que tenga derecho el Contratista a reclamación alguna por insuficiencia u omisión del costo de cualquier elemento que constituye el precio.

Las partidas que componen la descomposición del precio serán de abono cuando esté acopiado en obra la totalidad del material, incluidos accesorios, o realizados en su totalidad las labores u operaciones que determina la definición de la partida, ya que el criterio a seguir ha de ser que sólo se consideran abonables fases con ejecución terminadas, perdiendo el Adjudicatario todos los derechos en el caso de dejarlas incompletas.

Artículo 64. Liquidaciones parciales.

Las liquidaciones se harán por certificaciones mensuales y se hallarán multiplicando las unidades resultantes de las mediciones por el precio asignado de cada unidad en el presupuesto. Se añadirá el % correspondiente al sistema de Contrato, desquitando las rebajas que se obtuvieran en subasta.

Artículo 65. Carácter provisional de las liquidaciones parciales.

Las liquidaciones parciales tienen carácter de documentos provisionales a buena cuenta, sujetos a certificaciones y variaciones que resulten de la liquidación final, no suponiendo tampoco dichas certificaciones aprobación ni recepción de las obras que comprenden.

La Propiedad se reserva en todo momento y especialmente al hacer efectivas las liquidaciones parciales, el derecho de comprobar que el Contratista ha cumplido los compromisos referentes al pago de jornales y materiales invertidos en la obra, a cuyo efecto deberá presentar el Contratista los comprobantes que se exijan.

Artículo 66. Liquidación final.

La liquidación general se llevará a cabo una vez terminadas las obras y en ella se hará constar las mediciones y valoraciones de todas las unidades de obra realizadas, las que constituyen modificaciones del proyecto, y los documentos y aumentos que se aplicaron en las liquidaciones parciales, siempre y cuando hayan sido previamente aprobadas por la Dirección técnica con sus precios.

De ninguna manera tendrá derecho el Contratista a formular reclamaciones por aumentos de obra que no estuviesen autorizados por escrito a la Propiedad con el visto bueno del Ingeniero Director.

Artículo 67. Liquidación en caso de rescisión.

En este caso, la liquidación se hará mediante un contrato liquidatorio, que se redactará de acuerdo por ambas partes. Incluirá el importe de las unidades de obra realizadas hasta la fecha de la rescisión.

Artículo 68. Pagos.

Los pagos se efectuarán por el Propietario en los plazos previamente establecidos, y sus importes corresponderán precisamente al de las certificaciones de obras expedidas por el ingeniero, en virtud de las cuales se verificarán aquellos.

Artículo 69. Suspensión o retrasos en el ritmo de los trabajos por retraso en los pagos.

En ningún caso podrá el Contratista, alegando retraso en los pagos, suspender trabajos o ejecutarlos a menor ritmo que el que le corresponda, con arreglo al plazo en que deben terminarse.

Artículo 70. Demora de los pagos.

Si el Propietario no efectuase el pago de las obras ejecutadas, dentro del mes siguiente al que corresponda el plazo convenido, el Contratista tendrá además el derecho de percibir el abono de un 4,5% anual en concepto de tiempo del retraso y sobre el importe de la mencionada certificación.

Si aún transcurrieran dos meses a partir del término de dicho plazo, tendrá derecho el Contratista a la rescisión del Contrato, precediéndose a la ejecución de la liquidación correspondiente de las obras ejecutadas y de los materiales acopiados, siempre que estos reúnan las condiciones preestablecidas y que la cantidad no exceda de la necesaria para la terminación de la obra contratada o adjudicada.

Se rechazará toda solicitud de rescisión del Contrato fundada en dicha demora de pagos, cuando el Contratista no justifique que en la fecha de dicha solicitud ha invertido en obra en los materiales acopiados admisibles la parte de presupuesto correspondiente al plazo de ejecución que tenga señalado en el Contrato.

Artículo 71. Indemnización de daños causados por fuerza mayor.

El Contratista no tendrá derecho a indemnización por causas de pérdidas ocasionadas en la obra sino en los casos de fuerza mayor. Para los efectos de este artículo, se considerarán como tales casos los que siguen:

- Los incendios causados por electricidad atmosférica.
- Los producidos por terremotos o los maremotos.
- Los producidos por vientos huracanados, mareas y crecidas de los ríos, superiores a los que sean de prever en el país, y siempre que exista constancia inequívoca de que por el Contratista se tomarán las medidas posibles dentro de sus medios para evitar los daños.
- Los que provengan de movimientos del terreno e que estén construidas las obras.

La indemnización se referirá al abono de las unidades de obra ya ejecutadas con materiales acopiados a pie de obra; en ningún caso comprenderá medios auxiliares.

2.3. CONDICIONES GENERALES LEGALES

2.3.1. ARBITRIO Y JURISDICCIÓN

Artículo 72. Formalización del Contrato.

Los Contratos se formalizarán mediante documentos privados, que podrán elevarse a escritura pública a petición de cualquiera de las partes y con arreglo a las disposiciones vigentes. Este documento contendrá una cláusula en la que se expresa terminantemente que el Contratista se obliga al cumplimiento exacto del Contrato, conforme a lo previsto en el Pliego General de Condiciones.

El Contratista antes de firmar la escritura habrá firmado también su conformidad al pie del Pliego de Condiciones Particulares que ha de regirla obra, en los planos, cuadros de precios y presupuesto general.

Serán de cuenta del Adjudicatario todos los gastos que ocasione la extensión del documento en que se consigne la contrata.

Artículo 73. Arbitraje obligatorio.

Ambas partes se comprometen a someterse en sus diferencias al arbitraje de amigables compondores, designados uno de ellos por el Propietario, otro por la contrata y tres Ingenieros por el C.O. correspondiente, uno de los cuales será forzosamente el Director de Obra.

Artículo 74. Jurisdicción competente.

En caso de no haberse llegado a un acuerdo por el anterior procedimiento, ambas partes son obligadas a someterse a la discusión de todas las cuestiones que pueden surgir como derivadas de su Contrato, a las autoridades y tribunales administrativos, con arreglo a la legislación

vigente, renunciando al derecho común y al fuero de su domicilio, siendo competente la jurisdicción donde estuviese enclavada la obra.

2.3.2. RESPONSABILIDADES LEGALES DEL CONTRATISTA

Artículo 75. Medidas preparatorias.

Antes de comenzar las obras el Contratista tiene la obligación de verificar los documentos y de volver a tomar sobre el terreno todas las medidas y datos que le sean necesarios. Caso de no haber indicado al Director de obra en tiempo útil, los errores que pudieran contener dichos documentos, el Contratista acepta todas las responsabilidades.

Artículo 76. Responsabilidad en la ejecución de las obras.

El Contratista es responsable de la ejecución de las obras en las condiciones establecidas en el Contrato y en los documentos que componen el Proyecto. Como consecuencia de ello, vendrá obligado a la demolición y reconstrucción de todo lo mal ejecutado, sin que pueda servir de excusa el que la Dirección Facultativa haya examinado o reconocido la construcción durante las obras, ni el que hayan sido abonadas las liquidaciones parciales.

Artículo 77. Legislación Social.

Habrá de tenerse en cuenta por parte del Contratista la Reglamentación de Trabajo, así como las demás disposiciones que regulan las relaciones entre patronos y obreros, contratación del Seguro Obligatorio, Subsidio Familiar y de Vejez, los Accidentes de Trabajo, Seguridad e Higiene en el Trabajo y demás con carácter social urgentes durante la ejecución de las obras.

El Contratista ha de cumplir lo reglamentado sobre seguridad e higiene en el trabajo, así como la legislación actual en el momento de ejecución de las obras en relación sobre protección a la industria nacional y fomento del consumo de artículos nacionales.

Artículo 78. Medidas de seguridad.

En caso de accidentes ocurridos a los operarios con motivo de ejercicios en los trabajos para la ejecución de las obras, el Contratista se atenderá a lo dispuesto a estos respectos vigentes en la legislación, siendo en todo caso único responsable de su incumplimiento y sin que por ningún concepto pueda quedar afectada la Propiedad, por responsabilidad en cualquier aspecto.

De los accidentes y perjuicios de todo género que por cumplir el Contratista lo legislado sobre la materia, pudiera recaer o sobrevenir, será este el único responsable, o sus representantes en la obra, ya se considera que los precios contratados están incluidos todos los gastos precisos para cumplimentar debidamente, dichas disposiciones legales, será preceptivo que el tablón de anuncios de la obra presente artículos del Pliego de Condiciones Generales de índole general, sometido previamente a la firma de la Dirección Facultativa.

El Contratista está obligado a adoptar todas las medidas de seguridad que las disposiciones vigentes perpetúen para evitar en lo posible accidentes a los obreros y a los andantes no sólo en los andamios, sino en todos los lugares peligrosos de la obra.

Se exigirán con especial atención la observación de lo regulado por la ordenanza General de Seguridad e Higiene en el Trabajo (O.G.S.H.T.).

Artículo 79. Vallado y policía de obra.

Serán de cargo y cuenta del Contratista el vallado y la policía del solar, cuidando de la conservación de sus líneas de lindeo, y vigilando que, por los poseedores de las fincas contiguas, si las hubiese, no se realicen durante las obras actos que mermen o modifiquen la propiedad.

Toda observación referente a este punto será puesta inmediatamente en conocimiento del Ingeniero Director.

Artículo 80. Permisos y Licencias.

El adjudicatario estará obligado a tener todos los permisos y licencias, para la ejecución de las obras y posterior puesta en servicio y deberá abonar todas las cargas, tasas e impuestos derivados de la obtención de dichos permisos.

Artículo 81. Daños a terceros.

El Contratista será responsable de todos los accidentes que por inexperiencia o descuido sobreviniese en la edificación donde se efectúan las obras.

Como en las contiguas, será, por tanto, de sus cuentas el abono de las indemnizaciones a quien corresponde y cuando ello hubiera lugar, de todos los daños y perjuicios que puedan causarse en las operaciones de ejecución de las obras.

El Contratista cumplirá los requisitos que prescriben las disposiciones vigentes sobre la materia, debiendo exhibir cuando a ello fuese requerido, el justificante de tal cumplimiento.

Artículo 82. Seguro de la obra.

El Contratista estará obligado a asegurar la obra contratada durante el tiempo que dure su ejecución hasta la recepción definitiva, la cuantía del seguro coincidirá en cada momento con el valor que tengan por contrata los objetos asegurados.

El importe abonado por la sociedad aseguradora se ingresará en cuenta a nombre del Propietario, para que con cargo a él, se abone la obra que se construye y a medida que esta se vaya realizando. El reintegro de dicha cantidad al Contratista se efectuará por certificaciones como el resto de los trabajos

En las obras de reparación o reforma, se fijará la porción de la obra que debe ser asegurada y su cuantía, y si nada se previene, se entenderá que el seguro ha de comprender toda la parte de la obra afectada por la obra.

Los riesgos asegurados y las condiciones que figuren en la póliza de seguros, las pondrá el Contratista antes de contratadas, en conocimiento del Propietario, al objeto de recabar de éste su previa conformidad o reparos.

Artículo 83. Suplementos.

El Contratista no puede hacer ningún trabajo que ocasione suplementos de gastos sin autorización escrita del Propietario de la instalación y con el visto bueno del Director de obra.

Artículo 84. Conservación y otros.

El Contratista ejecutor de las obras tendrá que conservar a su cargo todos los elementos de las obras civiles y eléctricas desde el comienzo de las obras hasta la recepción definitiva de las mismas. A este respecto, los gastos derivados de la conservación, tales como revisiones periódicas de las instalaciones, vigilancia, reposición de posibles desperfectos causados por terceros, limpieza de aparatos, etc. correrán a cargo del Contratista, no pudiendo éste alegar que la instalación esté o no en servicio.

La sustitución o reparación será decidida por la Dirección de obra, que juzgar a la vista del incidente si el elemento puede ser reparado o totalmente sustituido por uno nuevo teniendo que aceptar totalmente dicha decisión.

El Contratista estará obligado a ejecutar aquellos detalles imprevistos por su minuciosidad o que se hayan omitido si el Director de la obra lo juzga necesario.

Artículo 85. Hallazgos.

El Propietario se reserva la posesión de las antigüedades, objetos de arte, o sustancias minerales utilizables, que se encuentren en las excavaciones y demoliciones practicadas en su terreno o edificaciones. El Contratista deberá emplear para extraerlo todas las precauciones que se le indiquen por la Dirección.

El Propietario abonará al Contratista el exceso de obras o gastos especiales que estos trabajos ocasionen.

Serán así mismo, de la exclusiva pertenencia del Propietario los materiales y corrientes de agua que, como consecuencia de la ejecución de las obras, aparecieran en los solares o terrenos donde se realicen las

obras, pero el Contratista, en el caso de tratarse de aguas y si las utilizara, serán de cargo del

Contratista las obras que sean convenientes ejecutar para recogerlas para su utilización.

La utilización para el aprovechamiento de gravas y arenas y toda clase de materiales procedentes de los terrenos donde los trabajos se ejecuten, así como las condiciones técnicas y económicas en que estos aprovechamientos han de concederse y ejecutarse se señalarán para cada caso concreto por la Dirección Facultativa.

Artículo 86. Anuncios y carteles.

Sin previa autorización de la Propiedad no podrán ponerse, ni en sus vallas, más inscripciones o anuncios que los convenientes al régimen de los trabajos y la policía local.

Artículo 87. Copia de documentos.

El Contratista tiene derecho a sacar copias a su costa de los planos, presupuesto, y pliego de condiciones y demás documentos del proyecto.

2.3.3. SUBCONTRATAS

Artículo 88. Subcontratas.

El Contratista puede subcontratar una parte o la totalidad de la obra a otra u otras empresas, administradores, constructores, instaladores, etc. no eximiéndose por ello de su responsabilidad con la Propiedad.

El Contratista será el único responsable de la totalidad de la obra tanto desde el punto de vista legal como económico, reconociéndose como el único interlocutor válido para la Dirección Técnica.

2.3.4. PAGO DE ARBITRIOS

Artículo 89. Pagos de arbitrios.

El pago de impuestos y arbitrios en general municipales o de otro régimen, alumbrado, etc., cuyo abono debe hacerse el tiempo de ejecución de las obras y por conceptos inherentes a los propios trabajos que se realizan, correrán a cargo del Contratista siempre que en las condiciones particulares del Proyecto no se estipule lo contrario. No obstante, al Contratista le deberá ser reintegrado el importe de todos aquellos conceptos que la Dirección Facultativa considere justo hacerlo.

2.3.5. CAUSAS DE RESCISIÓN DEL CONTRATO

Artículo 90. Causas de rescisión del contrato.

Se consideran causas suficientes de rescisión de Contrato las que a continuación se señalan:

- La muerte o incapacidad del Contratista.
- La quiebra del Contratista.

En los casos anteriores, si los herederos o síndico se ofrecieran a llevar a cabo las obras bajo las mismas condiciones estipuladas en el Contrato, el Propietario puede admitir o rechazar el ofrecimiento, sin que este último caso tengan derecho a indemnización alguna.

Las alteraciones del Contrato por las causas siguientes:

- La modificación del Proyecto en forma tal, que representan alteraciones fundamentales del mismo a juicio de la Dirección Facultativa y en cualquier caso, siempre que la variación del presupuesto de ejecución, como consecuencia de estas modificaciones, representen más o menos un 25% como mínimo del importe de aquel.
- La modificación de las unidades de obra siempre que estas modificaciones representen más o menos del 40% como mínimo de algunas de las unidades que figuren en las modificaciones de Proyecto, o más de un 50% de unidades del Proyecto modificadas.

- La suspensión de la obra comenzada y en todo caso siempre que por causas ajenas a la contrata no se dé comienzo de la obra adjudicada dentro del plazo de tres meses a partir de la adjudicación; en este caso la devolución de la fianza será automática.
- La suspensión de la obra comenzada, siempre que el plazo de suspensión haya excedido de un año.
- El no dar comienzo de la contrata a los trabajos dentro de los plazos señalados en las condiciones particulares del Proyecto.
- Incumplimiento de las condiciones del Contrato cuando implique descuido o mala fe, con perjuicio de los intereses de las obras. La mala fe de la ejecución de los trabajos.
- El abonado de la obra sin causa justificada.
- La terminación del plazo de ejecución de la obra sin haberse llegado a esta.

Quedará rescindido el contrato por incumplimiento del contratista de las condiciones estipuladas en este Pliego perdiendo en este caso la fianza, y quedando sin derecho a reclamación alguna.

3. PLIEGO DE CONDICIONES TÉCNICAS PARTICULARES

En este Capítulo se detallan las características técnicas de los materiales, maquinarias y equipos a emplear, y los medios de ejecución de las obras, además se redactarán las normas de seguridad en el desarrollo de los trabajos y los métodos de medición y valoración a seguir; para cada uno de los capítulos que conforman la ejecución al completo del Proyecto.

GENERALIDADES

1. Medición y valoración de las Unidades de Obra.

El pago de obras realizadas se hará sobre certificaciones parciales que se practicarán mensualmente. Dichas certificaciones contendrán solamente las unidades de obra totalmente terminadas que se hubieran ejecutado en el plazo a que se refieran.

La relación valorada que figure en las certificaciones, se hará con arreglo a los precios establecidos y con la cubicación, planos y referencias necesarias para su comprobación.

La comprobación, aceptación o reparos deberán quedar terminadas por ambas partes en un plazo máximo de 15 días.

El Director de obra expedirá las certificaciones de las obras ejecutadas, que tendrán carácter provisional a buena cuenta, verificables por la liquidación definitiva o por cualquiera de las certificaciones siguientes, no suponiendo por otra parte, aprobación ni recepción de las obras ejecutadas y comprendidas en dichas certificaciones.

Serán de abono al Contratista, las obras de tierra, de fábrica y accesorios, ejecutadas con arreglo a condiciones y con sujeción a los planos del Proyecto, o a las mediciones introducidas por el Director de la Obra, en el replanteo de las mismas, que costará en el plano de detalle y órdenes escritas, se abonará por el volumen o peso de acuerdo con lo que se especifique en los correspondientes precios unitarios que figuren en el cuadro de precios.

2. Condiciones Generales de seguridad e higiene en el trabajo.

De acuerdo con lo prescrito en el Reglamento de Seguridad e Higiene en el Trabajo, en vigor, las obras objeto del Proyecto satisfará todas las medidas de seguridad e higiene en beneficio del personal de la misma, haya de realizar su trabajo.

3.1. COMIENZO DE LAS OBRAS.

3.1.1. REPLANTEO

El Director Obra auxiliado por el personal técnico y equipo de trabajo, de la empresa adjudicataria encargada de la ejecución, efectuará sobre el terreno el replanteo general de las obras que comprenden el Proyecto, así como los replanteos parciales que sean necesarios durante la ejecución de las mismas, dejando constancia material mediante señales, hitos y referencias colocadas en puntos fijos del terreno que tengan garantía de permanencia para que durante la ejecución de las obras puedan fijarse con relación a ellas, la situación en planta o en altura de cualquier elemento o parte de las mismas obras.

El Contratista facilitará a sus expensas cuantos medios materiales y auxiliares se necesiten para llevar a cabo los replanteos generales y parciales.

Con los resultados obtenidos, se levantará acta, acompañada de planos, mediciones y valoraciones, firmadas por el Director Obra y el Contratista o representante en quien delegue, en la que se hará constar las modificaciones introducidas, caso de que se produzcan, presupuestos resultantes y cuantas incidencias sean de interés para un mejor realización de las obras.

El Contratista, desde el momento que firma el acta de replanteo, se hace responsable de la conservación y reposición de todos los datos que motiven las operaciones reseñadas en este artículo, incluidos materiales, colaboración etc.

Si durante la realización de las obras se apreciase un error en los replanteos, alineaciones o dimensiones de una parte cualquiera de las obras, el Contratista procederá a su rectificación a su costa. La verificación de los replanteos, alineaciones o dimensiones por la Dirección de obra, no eximirá al Contratista de sus responsabilidades en cuanto a sus exactitudes.

3.1.2.LIMPIEZA DEL TERRENO

Las operaciones de desbrozado deberán ser efectuadas con las debidas precauciones de seguridad a fin de evitar daños en las construcciones existentes, propiedades colindantes, vías y servicios públicos y accidentes cualquier tipo.

Todos los materiales que puedan ser destruidos por el fuego serán quemados, de acuerdo con las normas que sobre el particular existan en la localidad.

Los materiales no combustibles podrán ser utilizados por el Contratista en la forma que considere más conveniente, previa autorización del Director de Obra.

3.2. MOVIMIENTO DE TIERRAS.

3.2.1.EXCAVACIONES

Las excavaciones a realizar son:

- Excavaciones en el Centro de Transformación: las necesarias para realizar las arquetas de puesta a tierra, así como las requeridas para el montaje de los centros prefabricados.
- Excavaciones para cimientos de la planta.
- Excavaciones para cimentar la valla exterior.
- Excavaciones para las losas de apoyo de las unidades.

Para no disgregar el terreno más allá de lo previsto, el Director de Obra podrá ordenar que las excavaciones para cimientos de obras de fábrica, sean realizadas por etapas sucesivas.

Si el suelo fuera arcilloso, se realizará la excavación en dos partes, dejando sin ejecutar una capa final, 15 cm, hasta el momento de construir las cimentaciones de la obra.

Si del reconocimiento del terreno, practicado al efectuar las excavaciones, resultase necesidad o conveniencia de variar el sistema de cimentación previsto para las obras de fábrica, se reformará el Proyecto, suspendido mientras tanto los trabajos que fueran necesarios. El Contratista percibirá en este caso el coste de los trabajos realizados, pero no tendrá derecho a ninguna otra indemnización por la variación del Proyecto.

EXCAVACIONES EN ZANJAS PARA TUBERÍAS

Las zanjás tendrán las dimensiones que figuran en los planos del Proyecto, debiendo llevar su fondo nivelado cuidadosamente para que el tubo apoye en toda su longitud. El Director de Obra indicará en cada caso, una vez abierta la zanja, si es preciso a la vista de la naturaleza del terreno, colocar la tubería a mayor profundidad.

Con arreglo a planos o en su caso a las indicaciones recibidas del Director de Obra como consecuencia del replanteo general, el Contratista realizará las excavaciones necesarias para la ejecución de las obras objeto del proyecto. En tales excavaciones se incluirán los siguientes puntos:

- Desbroce y despeje del terreno.
- Extracción.
- Transporte de los productos removidos a acopio, lugar de empleo o vertedero.
- Acondicionamiento de terrenos si fuese necesario cuantas operaciones fuesen necesarias para terminar la obra.
- Relleno.

Toda excavación no realizada por el Adjudicatario según planos o con el visto bueno del Director de Obra, no serán abonados. El acopio del material extraído se realizará en lugar adecuado, de modo que no se perjudique el tráfico, ni perturbe desagües y drenajes.

Estos trabajos se consideran intrínsecos a la obra y por tanto incluidas en las unidades correspondientes, por lo que no procede abono alguno complementario por tales conceptos. El relleno de la zanja se realizará siguiendo la estratificación indicada en planos. El relleno de las zanjás se realizará en tongadas sucesivas de espesor uniforme, y no siendo este superior a 30 cm.

Tales tongadas serán compactadas humedeciendo ligeramente el material de relleno si fuese necesario. La terminación y la explanación de las superficies se realizarán de modo que no se puedan formar depósitos de agua.

MEDICIÓN Y VALORACIÓN DE LAS EXCAVACIONES

Las excavaciones necesarias para la ejecución de las obras, se abonarán por su volumen referido al terreno antes de excavarlo, al precio respectivo por m³ que figura en el cuadro de precios.

Los volúmenes se deducirán de las líneas teóricas de los planos y órdenes escritas del Director, a partir de los perfiles reales del terreno. Los precios comprenden todos los medios auxiliares y operaciones necesarias para hacer las excavaciones, así como el rasanteo de las zanjas y la arena o material preciso para aquello.

También incluye la retirada de los productos de las excavaciones a sitios donde no afecten a las obras.

No serán abonados los trabajos y materiales que hayan de emplearse para evitar posibles desprendimientos, ni los excesos de excavaciones que por conveniencia u otras causas ajenas a la dirección de las obras ejecute el Contratista, así como las entibaciones que sean precisas ejecutar para seguridad del personal y evitar accidentes.

No serán abonados los desprendimientos, salvo en aquellos casos en que se pueda comprobar que ha sido debido a fuerza mayor. Nunca lo serán los debidos a negligencias del Contratista o por no haber cumplido la ordenes de la dirección de la obra.

Tampoco serán de abono la reparación de todas las avenas y desperfectos que en cualquier excavación puedan producirse por consecuencia de lluvias, tránsitos no autorizados y otras causas que no sean de fuerza mayor.

MEDICIÓN Y VALORACIÓN DE LA EXCAVACIÓN EN ZANJA PARA TUBERÍAS

Se abonará por metro lineal o por metro cúbico, a tenor de la definición que se haga en el Cuadro de Precios.

También comprende el refino de la zanja y la compactación del fondo de la misma, cuando tal medida sea necesaria y así se ordene por el Director de Obra.

Esta compactación se realizará al 95% del Productor Normal, salvo distinta indicación del Director de Obra.

El precio también comprende, salvo que expresamente se indique lo contrario, todas las operaciones de carga, descarga y transporte a vertedero, cualquiera que sea la distancia de transporte, de todos los productos sobrantes de excavación, una vez rellena y compactada la zanja. También están comprendidos en el precio, el extendido de las tierras en vertederos, y la indemnización por la zona ocupada por éstas.

Antes de proceder al relleno con arena para la cama de asiento de las tuberías, el Contratista deberá obtener del Director de Obra la aprobación de la excavación, no pudiendo sin la misma comenzar el relleno.

3.2.2.DRENAJE

En el lecho de las excavaciones realizadas se depositará una capa de áridos, de modo que se obtenga un eficaz drenaje. El espesor de dicha capa será la especificada en los planos.

El tamaño de granos de los áridos, no será superior a 76 m, cedazo 80 UNE, y al cernido ponderal acumulado por el tamiz 0,080 UNE no rebasará el 5%. Si no pudiera encontrar un material que cumpla estos requisitos podrá recurrirse a un drenaje formado por varias capas. Una vez abierta la zanja de drenaje, si el fondo fuese impermeable (arcilla, etc.), la capa superior a los cables o tubos también será impermeable.

En caso de que el lecho fuese de material permeable, el relleno será en su totalidad de material permeable.

3.2.3.VACIADO DE TIERRAS

El Contratista ejecutará las excavaciones según el trazado y profundidad que se determina en los planos. Los productos de los desmontes y los sobrantes del relleno de zanjas, se verterán en los lugares que a tal fin designe el Director de Obra.

El vaciado se hará por franjas horizontales de altura no mayor de 1.5 m al ejecutarse a mano o de 3 m al ejecutarse a máquina, trabajando ésta en dirección no perpendicular a los bordes con elemento estructurales y barras o medianerías, dejando sin excavar una zona de protección de ancho no menor de 1 m. que se quitará a mano antes de descender la máquina en ese borde a la franja interior.

Antes de empezar el vaciado, la Dirección aprobará el replanteo realizado, así como los accesos propuestos que serán clausurables y separados para peatones y vehículo de carga.

Las camillas del replanteo serán dobles en los extremos de las alineaciones y estarán separadas del borde del vaciado a no menos de 1 m.

Se dispondrán puntos fijos de referencia en lugares que no puedan ser afectados por el vaciado a los cuales se referirán todas las lecturas de cotas de nivel y desplazamientos horizontales y/o verticales de los puntos del terreno y/o edificaciones próximas.

Las lecturas diarias de los desplazamientos referidos a estos puntos, se anotarán en un estadillo para su control por la Dirección.

Cuando al excavar se encuentre cualquier anomalía no prevista, con variación de los estratos y/o de sus características, cursos de aguas subterráneas, restos de construcciones, valores arqueológicos, se parará la obra al menos en ese tajo, y se comunicará a la Dirección.

El solar estará rodeado de una valla, verja o muro de altura no menor de 2m.

No se acumulará terreno de excavación, ni otros materiales, junto al borde del vaciado, debiendo estar separado de éste una distancia no menor de 2 veces la profundidad del vaciado en ese borde, salvo autorización en cada caso de la Dirección de Obra.

El refino y saneo de las paredes del vaciado se realizará para cada profundidad parcial no mayor de 3 m.

Siempre que por circunstancias imprevistas se presente un problema de urgencia, el Contratista tomará provisionalmente las medidas oportunas, a juicio del mismo, y se lo comunicará lo antes posible a la Dirección.

Una vez alcanzada la cota inferior del vaciado, se hará una revisión general de las edificaciones medianeras para observar las lesiones que haya sufrido, tomándose las medidas oportunas.

En tanto se efectúe la consolidación definitiva de las paredes y fondo del vaciado, se conservarán las contenciones, apuntalamientos y apeos realizados.

En el fondo del vaciado se mantendrá el desagüe necesario para impedir la acumulación de agua.

Serán condiciones de no - aceptación:

- En dimensiones, errores superiores al 2,50% y variaciones de ± 10 cm.
- En altura, mayor de 1,65m con medios manuales o mayor de 3,30m con medios mecánicos.
- En zona de protección, inferior de 1m.

La unidad de medición será el metro cúbico de volumen excavado medido sobre perfiles.

3.2.4. ENTIBACIONES

El Contratista deberá efectuar todas las entibaciones necesarias para garantizar la seguridad de las operaciones y buena ejecución de los trabajos.

Las zanjas y pozos se podrán realizar sin entibar hasta una profundidad máxima de 1,30m, siempre que no le afecten empujes de viales o cimentaciones próximas, en cuyo caso habría que ir a entibaciones ligeras.

En profundidades de 1,30m a 2m habría que ir a entibaciones ligeras o cuajadas en el caso de viales o cimentaciones próximas.

Para profundidades mayores se realizarán entibaciones cuajadas en todos los casos.

Se estará en todo momento a lo dispuesto en la Norma NTE-ADZ sobre zanja y pozos en tanto en cuanto a la disposición de la entibación como a la madera a emplear.

Será de obligación para el Contratista la diaria revisión de lo entibado antes de comenzar la jornada de trabajo.

3.2.5.RELLENOS

Podrán emplearse para rellenos todos los productos de dentro y fuera de la obra, siempre que reúnan las condiciones indispensables para una buena consolidación, compactación y asiento uniforme.

3.3. CIMENTACIONES

3.3.1.HORMIGONES

Para su ejecución se tendrán en cuenta las prescripciones de la Instrucción para el Proyecto y Ejecución de obras de Hormigón en Masa y Armado EH-92.

A los distintos hormigones que se empleen o puedan emplearse se les exigirá como mínimo las resistencias características a compresión a los veintiocho (28) días, en probetas cilíndricas de quince (15) centímetros de diámetro y treinta (30) centímetros de altura, que se determinan en los planos.

Si los hormigones no cumplieran como mínimo con los valores de resistencia, se adoptará por el Director de Obra la decisión que proceda conforme al artículo 69.4 de la citada Instrucción.

Las relaciones máximas de agua y cemento a emplear, salvo autorización expresa y por escrito del Técnico Encargado, serán del sesenta por ciento (60%).

Los asientos máximos de los hormigones después de depositado el hormigón, pero antes de consolidado, serán en alzados o cimientos, en masa de cuarenta (40) milímetros y en hormigones armados de sesenta (60) milímetros.

El hormigón armado de la solera así como el de las demás partes de la obra, se verificará de la forma más continua posible, y cuando haya que interrumpir el trabajo, se procurará dejar la superficie sin terminar, lo más resguardada posible de los agentes exteriores, cubriéndola con sacos húmedos.

Al reanudar el trabajo, si no se presentase síntomas de iniciación de fraguado, se cubrirá la superficie con una delgada capa de mortero rico (volúmenes iguales de cemento y arena fina), inmediatamente se procederá al hormigonado, apisonado con especial esmero por pequeñas proporciones. Si se hubiera iniciado el fraguado de la superficie del hormigón, se empezará por picarlo frotando con cepillos de alambre, se humedecerá en abundancia y se cubrirá con el mortero rico procedente.

Se atenderá en todo a lo dispuesto en la vigente instrucción EH-91.

Podrán ser utilizadas, tanto para el amasado como para el curado del hormigón en obra, todas las aguas sancionadas como aceptables en la práctica.

Cuando no se posea antecedentes de su utilización o así determine el Director de Obra, deberán analizarse las aguas, rechazándose las que no cumplan una o varias de las condiciones dadas en la EH-91.

La naturaleza de los áridos y su preparación serán tales que permitan garantizar las características exigidas al hormigón.

La utilización de aditivos deberá ser aprobada previamente por la Dirección.

Para ello será necesario que las características de los mismos, especialmente su comportamiento al emplearlo en las cantidades previstas, vengan garantizadas por el fabricante, y se realicen ensayos previos en todos y cada uno de los casos.

Los hormigones serán objeto de ensayos de control en el ámbito reducido según la EH-91 y cuya frecuencia será fijada por la Dirección Técnica.

Si los ensayos de probetas efectuados en laboratorio oficial aconsejan el reajuste de la dosificación, el Contratista está obligado a aceptar tal modificación, alterando los precios del hormigón sólo en lo que a partidas de cemento y áridos se refiere; que se obtendrían multiplicando los pesos o volúmenes definitivos por los costes que para dichos materiales figuran en los precios descompuestos.

MEDICIÓN Y VALORACIÓN DEL HORMIGÓN

- Hormigón en masa:

Se abonará por m³ al precio asignado en el Presupuesto que comprende todos los materiales necesarios para la formación de la fábrica, así como de medios auxiliares para su ejecución y puesta en obra, encofrado, mastrado y cuantos elementos y labores se precisen para el acabado del hormigón según las condiciones reseñadas en el presente Pliego.

Sólo se abonará el hormigón realmente colocado para lo cual se medirá la rentabilidad de cada amasado y el volumen así deducido se multiplicará por el número de masa; cada masa se controlará con los medios adecuados para asegurar que su composición es constante.

El hormigón no se enlucirá y si esto fuese preciso por su defectuosa ejecución, el Director de la Obra podrá demoler la parte defectuosa u ordenar su enlucimiento y pintura a costa del Contratista.

- Hormigón armado:

Se abonará por m³ asignado en el Presupuesto, considerándose, incluso en el precio todos los materiales necesarios para la formación de la fábrica, armaduras, doblado y cortado de las mismas, montaje, así como los medios auxiliares para su ejecución y puesta en obra, encofrados, maestros y cuantos elementos y labores se precisen para el acabado del hormigón según las condiciones reseñadas en el presente Pliego.

Sólo se abonará el hormigón colocado terminándose su cuantía de la misma forma que en el apartado anterior.

3.3.2. FABRICACIÓN Y PUESTA EN OBRA DEL HORMIGÓN

Las condiciones o características de calidad exigidas al hormigón especifican a continuación.

Tales condiciones deberán ser satisfechas por todas las unidades de producto componentes del total, entendiéndose por unidad de producto la cantidad de hormigón fabricado de una sola vez.

- Dosificación del hormigón.

La dosificación de los áridos se hará con arreglo a lo dispuesto en la Instrucción EH-91, empleando para ello las mezclas de áridos que sea necesario y siguiendo lo ordenado por la Dirección de la Obra.

En el caso de que se emplearan productos de adición, el Contratista está obligado a instalar los dispositivos de dosificación correspondientes.

Tanto estos agentes como los aceleradores de fraguado solamente podrán ser empleados con autorización escrita de la Dirección. Su uso no revela al Contratista de la obligación de cumplir los requisitos sobre el curado de hormigón.

- Consistencia del hormigón.

Se medirán por medio del Cono de Abrams en la forma prescrita por la EH-91 y se clasificará en seca, plástica, blanda y fluida. La consistencia del hormigón a emplear en cimentación será plástica blanda (asiento máximo 9 cm en cono de Abrams) para vibrar y se medirá en el momento de su puesta en obra.

- Resistencia del hormigón.

Las resistencias que deben tener las diferentes clases de hormigones, en probeta cilíndrica, a los 28 días de su fabricación será las que se fijen en los planos del Proyecto.

Los criterios a seguir en la toma de muestras en cuanto a la determinación de número de probetas a tomar por elemento o módulo serán los que establece la EH-91.

- Aditivos.

Se prohibirá la utilización de cualquier aditivo (acelerantes o retardantes), pudiéndose emplear únicamente algún tipo de impermeabilizante y siempre con la autorización expresa de la Dirección Técnica.

- Puesta en hora del hormigón.

Además de las prescripciones de la instrucción EH-91 se tendrá en cuenta lo siguiente. Podrá realizarse amasado a pie de obra o de central.

En caso de la fabricación a pie de obra, el tiempo de amasado será del orden de 1 minuto y 1/2, y como mínimo un minuto más tantas veces 15 segundos como fracciones de 400 litros en exceso sobre 750 litros tenga la capacidad de la hormigonera. Se prohibirá totalmente mezclar masas frescas de diferentes dosificaciones.

Si durante el amasado surgiera un endurecimiento prematuro (falso fraguado) de la masa, no se añadirá agua, debiendo prolongarse el tiempo de amasado.

Si el hormigón es de central amasadora, y transportado por medio de camiones hasta el lugar del vertido se deberán cumplir los siguientes condicionantes:

- El tiempo transcurrido desde el amasado hasta la puesta en obra no deberá ser mayor de 1 hora.
- Debe evitarse que el hormigón se seque o pierda agua durante el transporte.
- Si al llegar al tajo de colocación el hormigón acusa principio de fraguado, la masa se desechará en su totalidad.
- La planta suministradora estará regulada en la fabricación del hormigón por la Norma EH-PRE-91 y homologada por la Asociación Nacional de Fabricantes de Hormigón Preparado.

El transporte de las hormigoneras al punto de colocación al punto de colocación se realizará de forma que el hormigón no pierda compacidad ni homogeneidad.

El vertido del hormigón se efectuará de manera que no se produzcan disgregaciones y a una altura máxima de caída libre de 1 m, evitando desplazamientos verticales de la masa una vez vertida. Preferiblemente el hormigón debe ir dirigido mediante canaletas.

El hormigón en masa y moldeado, se extenderá por capas de espesor comprendido entre 15 y 30 cm, vibrando el moldeado hasta hacer que refluya el agua a la superficie e intensificando el vibrado junto a los paramentos y rincones del encofrado.

Hormigón armado, el de los pilares, se verterá en capas de 40 cm de espesor máximo vibrándole eficazmente y cuidando de que el hormigón envuelva perfectamente la armadura, vigilando especialmente los paramentos y las esquinas.

Las losas se hormigonarán en todo el grueso, avanzando con el hormigón al vibrarlo, pero efectuando los vertidos de forma que el recorrido sobre el encofrado no sea superior a 2 cm.

Las vigas se hormigonarán, desde un extremo, en toda su dimensión, vertiendo las diferentes amasadas en los puntos convenientes.

- Juntas de hormigonado.

Son las producidas al interrumpir la labor del hormigonado, en las que se precisa conseguir la adherencia de un hormigón fresco en otro endurecido.

La situación de estas juntas se fijará por la Dirección de Obra, debiendo quedar la superficie del hormigón anterior cubierto con sacos húmedos para protegerlo de los agentes exteriores.

Para conseguir la adherencia del que se vierte posteriormente, se limpiará convenientemente la superficie del hormigón, rascando la lechada superficial hasta que a juicio de la Dirección quede lo suficientemente limpia.

Se verterá a continuación una capa de mortero, de 2 cm de espesor, de dosificación ligeramente superior a la del hormigón empleado, sobre la superficie humedecida.

Los muros o pilares se hormigonarán de una sola vez, siempre que sea posible, hasta el plano de apoyo de los forjados. Cuando ello no sea posible, se permitirá una sola junta horizontal hacia la mitad de la altura.

- Temperatura del hormigonado.

El hormigonado se realizará a temperaturas comprendidas entre los 0o C y los 40°C (5oC y 35° C en elementos de gran canto o de superficie muy extensa).

Si fuese necesario realizar el hormigonado fuera de estos márgenes se utilizarán las precauciones que dictaminará la Dirección Técnica.

- Curado del hormigón.

El curado del hormigón se realizará una vez endurecido el elemento lo suficiente para no producir deslavado de su superficie. Se realizará de la siguiente forma:

- Durante los tres primeros días se protegerá de los rayos del sol, colocando sobre las superficies arpilleras mojas.
- Todas las superficies vistas se mantendrán continuamente húmedas por lo menos durante 8 días después del hormigonado, por riego o inundación.

- No se empleará para este riego tubería alguna de hierro que no sea galvanizado, extendiéndose esta prohibición a cualquier clase de tuberías que puedan disolver en el agua sustancias nocivas para el fraguado del hormigón o su buen aspecto. Deberá utilizarse preferentemente, para este trabajo, manguera de goma.
- La temperatura del agua empleada en el riego no será inferior en más de 20°C a la del hormigón para evitar la producción de grietas por enfriamiento brusco.
- Cuando la temperatura registrada sea menor de cuatro grados bajo cero (-4°C) o superior a cuarenta grados centígrados (40°C), con hormigón fresco se procederá a realizar una investigación para ver que las propiedades del hormigón no han sufrido cambio alguno.

En función de la climatología se ha de tener en cuenta lo siguiente:

- Actuaciones en tiempo frío: prevenir congelación.
 - Actuaciones en tiempo caluroso: prevenir agrietamientos en la masa del hormigón.
 - Actuaciones en tiempo lluvioso: prevenir lavado del hormigón.
-
- Paramentos de hormigón.

Los paramentos deben quedar lisos, sin defecto alguno y sin necesidad de repasos, por enlucidos o de cualquier otra forma, que no podrán ser aplicadas sin previa autorización de la Dirección de Obra.

Si fuese necesario repasar alguna superficie, los trabajos que se efectúen será por cuenta del Contratista y la hora será abonada como defectuosa, repercutiendo en el precio de encofrado y del hormigón en la cuantía que más adelante se señala.

- Encofrado y cimbras.

Los encofrados serán los suficientemente resistentes y estancos para soportar la carga y el empuje del hormigón fresco sin acusar deformación alguna.

Los de madera estarán formados por una tablazón sobre la que se colocarán en su tras dos contrafuertes a una distancia no mayor de 2 m, y éstos sujetos con tornapuntas metálicos o de madera con la suficiente rigidez para asegurar la estaticidad del molde durante el hormigonado (sección mínima del rollizo de 8cm).

En caso de encofrados metálicos, irán perfectamente ensamblados y también sujetos con tornapuntas. La desviación máxima de los paramentos del encofrado con respecto a la vertical no sobrepasará 1 cm por cada tres metros de altura y la máxima irregularidad de la superficie no sobrepasará los 2 cm, se evitará golpear los encofrados una vez vertido el hormigón.

Se admitirán como tolerancia en la colocación del encofrado un máximo de 2 cm en aplomes y alineaciones y el 2% en menos y el 5% en más espesores y escuadras.

Los encofrados en acuerdos de secciones reproducirán lo más claramente posible la forma indicada por los planos yendo provistos del número necesario de muestra para él o y teniendo la tabla cortada de modo que las diferencias en dimensiones cortadas según las normales a la superficie no excedan de 1 mm.

- Desencofrado y descimbrado.

Los encofrados de elementos sometidos a cargas se quitarán lo antes posible, previa consulta al Director de Obra, pero nunca antes de 24 h, evitando el descascarillado de superficie que se provoca al desencofrar un hormigón fresco.

El plazo de descimbrado de los elementos se fijará por la Dirección de la Obra y se efectuará empleado juegos de cuñas, caja de arena u otros procedimientos adecuados para ello.

3.3.3.CIMENTACIONES

Las características de los componentes y ejecución de los hormigones será la siguiente.

La arena y la grava podrán ser de ríos, arroyos y canteras, no debiendo contener impurezas de carbón, escorias, yeso, etc.

Los áridos deben de proceder de rocas inertes sin actividad sobre el cemento. Se admitirá una cantidad de arcilla inferior a la que se indica posteriormente.

Las dimensiones de la grava será 2 a 6 cm, no admitiéndose piedras ni bloques de mayor tamaño. En caso de hormigones armados se indicarán las dimensiones de la grava.

No se podrán utilizar ninguna clase de arena que no haya sido examinada y aprobada por el personal técnico. Se dará preferencia a la arena cuarzosa sobre la de origen calizo, siendo preferibles las arenas de superficie áspera o angulosa.

La determinación de la cantidad de arcilla se realizará de la siguiente forma: cribamos 100 cm³ de arena con el tamiz de 5mm, los cuales se vierten en una probeta de 300 cm³ con 150 cm³ de agua, una vez hecho esto se agita fuertemente tapando la boca con la mano, hecho esto se dejará sedimentar durante una hora.

En estas condiciones el volumen de arcilla deberá de ser superior al 8%.

La medida de las materias orgánicas se hará mezclando 100 cm³ de arena con una solución de sosa al 3% hasta completar los 150 cm³; después de 2 horas el líquido debe de quedar sin coloración o presentar como máximo un color amarillo pálido que se compara al de la solución testigo, formada por la mezcla de 97,5% de solución de sosa al 3%, 2,5% de solución de ácido tánico, 2% de alcohol de 10%.

Los ensayos de las arenas se harán sobre mortero de la siguiente dosificación: 1 parte de cemento y 3 partes de arena. Esta probeta de mortero conservada en sigua durante 7 días, deberá de resistir a la tracción en la romana de Michaelis un esfuerzo comprendido entre 12 y 14Kg/cm².

Toda la arena que sin contener materias orgánicas no resista al esfuerzo de tracción antes indicado será rechazada.

El resultado de este ensayo permitirá conocer si debe de aumentarse o disminuirse la dosificación del cemento empleado.

Respecto a la grava o piedra se prohíbe el empleo de cascote y otros elementos blandos o la piedra de estructura foliácea. Se recomienda la utilización de piedra de peso específico elevado.

El cemento utilizado será cualquiera de los cementos Portland de fraguado lento admitidos en el mercado. Previa autorización de Dirección de Obra podrán utilizarse cementos especiales que se crean convenientes.

El agua utilizada de río o de manantial a condición de que su mineralización no sea excesiva. Se prohíbe el empleo de aguas procedentes de ciénagas o muy ricas en sales carbonosas o selenitosas.

La mezcla de hormigón se efectuará en hormigonera o a mano, siendo preferible el primer método en beneficio de la compacidad ulterior. En el segundo caso se hará sobre chapa de hierro de suficientes dimensiones para evitar que se mezcle con las tierras.

Además:

- Se comprobará que el terreno de cimentación coincide con el previsto.
- En el momento de hormigonar se procederá a la operación de limpieza y nivelación, retirando la última capa de tierras sueltas.
- Se dejarán previstos los pasos de tuberías y mechinales. Se tendrá en cuenta la posición de las arquetas.
- Se colocarán previamente los elementos enterrados de la instalación de puesta a tierra.
- Se habrá ejecutado la capa de hormigón de limpieza y replanteado sobre ella.

La profundidad mínima del firme tendrá en cuenta la estabilidad del suelo frente a los agentes atmosféricos.

Las armaduras se colocarán limpias, exentas de óxido no adherente, pintura, grasa o cualquier otra sustancia perjudicial.

Los calzos, apoyos provisionales y separadores en los encofrados serán de mortero 1:3 o material plástico y se colocarán sobre la superficie de hormigón de limpieza, distanciados cien centímetros (100 cm) como máximo.

El primero y el último se colocarán a una distancia no mayor de cincuenta centímetros (50cm) del extremo de la barra.

Se extremarán las precauciones y correcta disposición de los separadores de capas, principalmente las superiores.

Durante la ejecución se evitará la actuación de cualquier carga estática o dinámica que pueda provocar daños en los elementos ya hormigonados.

El curado se realizará manteniendo húmeda la superficie de la cimentación mediante riego directo, que no produzca deslavado o a través de un material que sea capaz de retener la humedad.

3.3.4. OBRA DE MADERA

Las dimensiones de las piezas necesarias para la construcción de obras provistas o auxiliares, así como su disposición o fijación técnica de las obras de carpintería, serán ejecutadas con la mayor perfección, presentando los embalajes bien ajustados y las molduras terminadas, debiendo quedar repasadas con papel de lija o llevadas al lugar de empleo sin imprimir.

3.3.5.ARMADURAS

La cuantía y disposición de las armaduras de los diferentes elementos de la cimentación será la que nos dé el cálculo, y que viene reflejada en la Documentación Técnica.

Las armaduras se doblarán en frío y a velocidad moderada, por medios mecánicos, no admitiéndose aceros endurecidos por deformación en frío o sometidos a tratamientos térmicos especiales.

Las características geométricas y mecánicas de las armaduras serán las que se citan en el anexo correspondiente de la Memoria Técnica. En las zapatas se preverán unas armaduras de espera que se solaparán con las del pilar o enano en su caso, por medio del solape de barras, debiendo llevar unas patillas inferiores de longitud igual a 15 veces el diámetro de las barras de dicha patilla.

Protección de las armaduras:

- Las armaduras de las zapatas se colocarán sobre el hormigón de limpieza y separándose 10 cm de los laterales del pozo de cimentación.
- El recubrimiento de armaduras en zunchos de arriostramiento deberá ser de 35 mm, para ello se dispondrán separadores o calzos de igual o mayor resistencia característica que el hormigón a emplear y a una distancia máxima entre ellos de 1,5m.

- Las armaduras se colocaran limpias, exentas de óxido, grasa o cualquier otra sustancia perjudicial así como también estarán exentas de defectos superficiales, grietas ni sopladuras. Se dispondrán de acuerdo con las indicaciones del Proyecto, sujetas entre sí y al encofrado de manera que puedan experimentar movimientos durante el vertido y compactación del hormigón, y permitan a éste envolverlas sin dejar coqueras.
- Cuando exista el peligro de que se puedan confundir unas barras con otras, se prohíbe el empleo simultáneo de aceros de características mecánicas diferentes, sin embargo se podrán utilizar, en un mismo elemento dos tipos de acero, uno para la armadura principal y otro para los estribos.
- Las armaduras se doblarán ajustándose a los planos del Proyecto, cumpliéndose las prescripciones de la EH-91.

3.4. ESTRUCTURAS DE ACERO

3.4.1. ESTRUCTURA DE ACERO

El Contratista podrá subcontratar con la aprobación del Director de obras, la ejecución y montaje en obra de la estructura metálica de la nave con construcción que reúne los requisitos que establezca la legislación y las condiciones establecidas por el Ministerio de Industria.

En la ejecución de la estructura de acero laminado de la nave, se aplicará lo establecido en la norma NBE EA-95 "estructuras de acero en edificación" referente a la ejecución de uniones soldadas, ejecución en taller y montaje en obra.

El soldeo se realizará por cualquier de los procedimientos expresados en dicha norma, debiendo presentar el Constructor, si el Director de Obra lo requiere, una memoria de soldeo en la que detalle las técnicas operativas a utilizar dentro del procedimientos elegido.

El Director Obras podrá siempre que lo desee, directamente o por delegación, comprobar en el taller el cumplimiento de la mencionada norma, y durante el montaje en obra a vigilar su cumplimiento.

Las tolerancias en las dimensiones, forma y peso para la ejecución y montaje de la estructura, serán las establecidas en el capítulo VI de la NBE EA-95.

- Estructuras metálicas:

El acero para estructuras metálicas se abonará al precio que para el Kg de acero de las distintas clases de perfiles se asigna en el Presupuesto, considerándose incluso en dicho precio los costes de la adquisición, trabajos de taller, montaje, colocación en obra y pintura de resina o polimerizado, excepto las partes embebidas en hormigón que irán sin pintar.

El peso se deducirá siempre que sea posible de los pesos unitarios dados en el catálogo de perfiles y de las dimensiones correspondientes medidas en los Planos del Proyecto o en los facilitados por el Director de las Obras durante su ejecución y debidamente comprobado en las obras realizadas ya.

En otro caso se determinará el peso efectivo, debiendo dar el Contratista su conformidad con las cifras obtenidas antes de su colocación definitiva en obra, de las piezas y estructuras metálicas.

También comprende el precio, la soldadura a realizar durante el montaje.

- Acero en redondo:

El acero para armaduras y de las cabezas de los pilares o hincos se abonará al precio asignado en el Presupuesto, considerándose incluso en el mismo los costes de adquisición, trabajo de taller, montaje, colocación en obra, pruebas y pinturas de resinas o polimerización, excepto en los casos de armaduras embebidas en el hormigón que irán sin pintar, el peso se deducirá siempre que sean las dimensiones correspondientes medidas en los Planos del Proyecto o en los facilitados por el Director de las Obras durante su ejecución y debidamente comprobado en la obras realizadas ya.

En otro caso se determinará el peso efectivo debiendo dar el Contratista su conformidad con las cifras obtenidas antes de la colocación definitiva en obra.

También comprende el precio, las soldaduras de las barras a las cabezas de los perfiles para conseguir un perfecto arrastramiento.

3.4.2. PROTECCIÓN DE LA ESTRUCTURA

La estructura estará protegida por dos capas de pintura. Cada capa deberá asegurarse una protección no menor que la proporcionada por tres capas de pintura tradicional que contenga 30% de aceites de linaza cocido.

Antes del pintado se presentará al Director Obra muestras de pintura y se pintarán para juzgar el color y acabado, quien dará su aprobación.

Referente a la protección de la estructura, se seguirá todo lo especificado en la NBE EA-95.

3.4.3. CARPINTERÍA METÁLICA.

Las obras de carpintería metálica deberán realizarse con perfección y acabado.

- Medición y valoración de las obras metálicas.

Los hierros y demás materiales metálicos se abonarán por su peso a los precios que figuran en el Presupuesto, en los cuales van incluidos todas las manipulaciones y operaciones necesarias para dejar la obra terminada

3.5. ALBAÑILERÍA

3.5.1.FÁBRICA DE LADRILLOS

Antes de su colocación en obra, los ladrillos deberán ser saturados de humedad, aunque bien escurridos del exceso de agua, con objeto de evitar el deslavamiento de los morteros. Deberá demolerse toda la fábrica en que el ladrillo no hubiese sido regado o lo hubiese sido deficientemente, a juicio del Técnico encargado.

El asiento del ladrillo se efectuará por hiladas horizontales, no debiendo corresponder en un mismo plano vertical las juntas de dos hiladas consecutivas. Los ladrillos se colocarán según el aparejo que determine el Director de Obra, siempre a restregón y sin moverlos después de efectuada la operación.

Los tendeles no deberán exceder, en ningún punto de 15 mm y las juntas no serán superiores a 9mm en parte alguna. Para colocar los ladrillos, una vez limpias y humedecidas las superficies sobre las que han de descansar, se echará el mortero en cantidad suficiente para que comprimiendo fuertemente sobre el ladrillo y apretando además contra los inmediatos, queden los espesores de junta señalados y el mortero refluya por todas partes.

Las juntas en los parámetros que hayan de enlucirse o revocarse, quedarán sin rellenar a tope para facilitar la adherencia del revoco o enlucido que completará el relleno y producirá la impermeabilidad de la fábrica de ladrillo.

Al reanudarse el trabajo se regará abundantemente la fábrica antigua, se barrerá y se sustituirá, empleando mortero nuevo, todo ladrillo deteriorado.

3.5.2. EJECUCIÓN DEL MURO DE CERRAMIENTO

El plano de arranque del muro de cerramiento de la nave sobre la cimentación, se preparará de modo que guarde planeidad horizontalidad.

Deberá ir anclado en sus cuatro lados a elementos estructurales horizontales y verticales, de tal manera que puede asegurado su estabilidad y la transmisión de los esfuerzos horizontales a que esté sometido.

Se comenzará su ejecución por las esquinas colocando en ellas, miras restas escantilladas con marcas de las alturas de las hiladas. Entre ellas se colocarán cuerdas de atirantar, bien tensas y en longitudes libres no superiores a 8 m. que servirán de guía para la alineación de paramentos y se irán elevando con la altura de una o varias hiladas para asegurar su horizontalidad.

La tolerancia máxima de desviación de los tendeles será de 0.5 cm/m y la falta de verticalidad no será superior a 3 mm/m. Durante la ejecución se prestará especial cuidado al pañeado y planeidad de los paramentos, comprobándose mediante renglones de 2 m de longitud, colocados de canto en distintas posiciones no tolerándose flechas superiores a 0.5 cm.

Cuando por cualquier motivo hayan de suspenderse los trabajos de construcción de la fábrica, se dejará el cerramiento con las diferentes hiladas formando entrantes y salientes, a manera de redientes para que al continuar la fábrica se pueda conseguir una perfecta trabazón entre la nueva y la antigua. En tiempo lluvioso o heladas se suspenderá la ejecución de la fábrica, debiendo proteger las partes de reciente ejecución.

En tiempo extremadamente seco y caluroso deberá mantenerse húmeda la fábrica de reciente ejecución, y una vez fraguado el mortero y durante 7 días, se regará abundantemente para que el proceso de endurecimiento no sufra alteración.

El rehuntado se realizará antes de que termine el proceso de endurecimiento del mortero, presionando con el llaguero lo suficiente para que el mortero se adhiera a las piezas de ambos lados de la junta.

El agarre del cerramiento a los pilares se realizará mediante d Ø8mm, situados a lo largo del tendel embebidos en la junta y soldados a los pilares metálicos. Se situarán estos agarres cada 6 hiladas de bloques.

Se terminará la ejecución del muro con el repaso de las llagas, efectuándose a continuación la limpieza general de todo el paramento.

El mortero de agarre será M-40b, dosificación 1:6, resistencia 40 kg/cm² y consistencia en cono de Abrams 17 cm. Se extenderá sobre la superficie de asiento de los bloques una tongada de mortero en cantidad suficiente para formar juntas de 1 cm de espesor y que la llaga y el tendel rebosen.

Los encuentros de esquinas o con otros muros se hará mediante enjarjes en todo su espesor y en todas las hiladas. El cerramiento quedará plano y aplomado y tendrá una composición uniforme en toda su altura.

Se formará una barrera antihumedad en el arranque sobre cimentación, con lámina bituminosa que cumplirá las condiciones de la norma MV-301, de superficie no protegida con armaduras inorgánicas. La superficie en que vaya a colocarse la lámina será continua en toda la superficie de zócalo.

Los solapes de la lámina no serán menores de 7 cm. La lámina estará colocada al menos una hilada de bloque, por encima del terreno y a una altura sobre el terreno no inferior a 30 cm.

Los muros de cerramiento irán protegidos exteriormente con un material que asegura su impermeabilidad, a no ser que el fabricante garantice mediante ensayos la impermeabilidad del bloque.

La unidad de medición del cerramiento para cada tipo, descontando huecos, será el m², para la barrera antihumedad será el m tanto en planos como en obra.

- Medición y valoración de las obras de fábrica.

Se abonarán por metro cúbico medido en la obra ejecutada y completamente terminada, con arreglo a condiciones según el precio asignado en el Presupuesto, que incluye el refino de los paramentos y rejuntados, así, como los materiales y medios auxiliares necesarios.

3.5.3.EJECUCIÓN DE TABICADOS

Los ladrillos serán cerámicos, exentos de caliches con resistencia no inferior a 30 kg/cm² con huecos de eje paralelo a la mayor dimensión del ladrillo y con un volumen superior al 33% del total aparente.

Las condiciones dimensionales y de forma cumplirán lo establecido en la norma MV-201.

El acero o premarco se colocará en su posición perfectamente aplomado, alineado, y escuadrado, manteniendo los elementos necesarios para garantizar su indeformabilidad.

Los elementos de indeformabilidad próximos al suelo se protegerán de los del paso sobre ellos.

El cerco llevará los elementos necesarios para su enlace al tabique. Cuando el cerco no tenga asegurado la indeformabilidad de sus ángulos se colocará con la ayuda de una plantil a.

El ladrillo antes de colocarlo se humedecerá por riego sin llegar a empaparlo.

Una vez replanteado el tabique con la primera hilada, se colocarán aplomadas y arriostras miras distancias 4 m como máximo, y los premarcos o cercos previstos.

Sobre la hilada de replanteo se levantarán hiladas alineadas horizontalmente, procurando que el nivel superior del premarco cerco coincida con la junta horizontal.

Se retirarán las rebabas a medida que se suba el tabique procurando apretar las juntas. La unión se hará con enjarjes en todo su espesor, dejando dos hileras sin enjarjar.

El encuentro de tabiques con elementos estructurales se hará de forma que no sean solidarios. El tabique quedará plano y aplomado, tendrá una composición uniforme en toda su altura y no presentará ladrillos rotos.

El panderete se ejecutará con ladrillo hueco sencillo tomado con pasta viva de yeso negro definido como Y-12. Se untará el ladrillo en canto y testa con cantidad suficiente para formar juntas de 1cm de espesor.

La roza tendrá una profundidad no mayor de 4cm sobre el bloque y de un canuto sobre ladrillo hueco. El ancho no será superior a dos veces su profundidad.

Se ejecutará preferentemente a máquina y una vez guarnecido el tabique.

Serán condiciones de no-aceptación:

- desplomes en cerco superior a 1cm y descuadres en algunos de los ángulos de cerco, fijación deficiente de cerco al tabique, errores de replanteo superiores a ± 2 cm, no acumulativos;
- variaciones en planeidad de paramento medida con regla de 2m, superiores a 2cm;
- desplome del tabique superior a 1 cm en 3m;
- enjarje en unión inferior a lo especificado; profundidad de roza a un canuto sobre ladrillo hueco, distancia de roza a cerco inferior a 15cm, distancia entre rozas en dos caras del tabique inferior a 40cm.

La unidad de medición, tanto en planos como en obra será el m²de tabique.

3.5.4.ENFOSCADOS, ENLUCIDOS Y GUARNECIDOS

Los paramentos que hayan de enfoscarse, se dejarán a juntas degolladas barriéndose y regándose antes de tendido de las capas de mortero.

Se prohíbe terminantemente bruñir los paramentos enfoscados con paleta. Si las condiciones de humedad y temperatura lo requiere, se humedecerán diariamente los enfoscados, pero siempre siguiendo el criterio del Director de Obra.

Los enlucidos de yeso tanto en paramentos horizontales como verticales se realizarán con yeso de buena calidad. Cuando el revestimiento de yeso deba tener un espesor superior a 15mm, se realizará por capas sucesivas que no superen este espesor.

Será necesario en este caso que la capa anterior a la que se va realizar, tenga consistencia suficiente para no desprenderse al aplicar ésta última y presente una superficie rayada.

El yeso se ajustará a las condiciones fijadas en el Pliego General de Condiciones para la Recepción de Yesos y Escayolas en las Obras de Construcción.

- Medición y valoración de la tabiquería, enfoscados, guarnecidos y blanqueos.

La medición de cítaras y tabiques, tanto sencillos como dobles se hará por m², descontándose de la medición los huecos existentes.

Los enfoscados guarnecidos y blanqueos se valorarán también por m² y de ellos se descontarán los huecos que no tengan mochetas, o sea, los que tengan los marcos enrasados y no se descontarán aquellos que tengan mochetas.

3.5.5.SOLADOS

Sobre la superficie a solar se extenderá una capa de 2cm de espesor de arena de río con tamaño máximo de grano 0.5cm y una capa de mortero de cemento P-350 y arena de río de dosificación 1:6 de 2cm de espesor. La baldosa de terrazo se humedecerá antes de su colocación y se asentará sobre la capa de mortero, cuidando que se forme una superficie continua de asiento y recibido de solado. Para relleno de las juntas se extenderá sobre las baldosas una lechada de cemento.

El pulido de solado se hará con máquina de disco horizontal, no pisándose durante los cuatros días siguientes.

Serán condiciones de no-aceptación:

- ausencia de la capa de arena, espesores de capa inferiores a los especificados
- variaciones planeidad en todas direcciones medidas con regla de 2m, superiores a 4mm,
- ausencia de malla en los lugares especificados,
- distancias entre juntas superiores 130 cm,
- colocación deficiente de baldosas,
- ausencia de lechada en juntas,
- cejas superiores a 2mm.

3.5.6.EJECUCIÓN DE ALICATADOS

El azulejo estará seco y con la cara posterior limpia. Se alicatará sobre una superficie maestrada plana y lisa, de cemento, yeso o escayola y con una humedad no mayor del 3%.

Serán condiciones de no-aceptación: taladros de dimensiones superiores a las especificadas, juntas no paralelas entre sí con tolerancias de $\pm 1\text{mm}$ por m, variación en planeidad en todas direcciones medida con regla de 2m superior a 2 mm, variación en espesor de mortero superior a 1cm, el mortero no cubre totalmente la cara posterior del agujero, aplicación de adhesivo distinta a la especificada, humedad del paramento superior al 3%.

La unidad de medición, tanto en planos como en obra será el m².

- Medición y valoración de los alicatados.

Los alicatados se medirán por m² en su verdadera magnitud cuando ésta esté totalmente terminada y de acuerdo con lo dicho en este Proyecto.

Dichas mediciones se realizarán descontando todos los posibles huecos que pueda haber.

3.6. PINTURA

3.6.1. EJECUCIÓN DE LOS TRABAJOS DE PINTURA

Para pintura a la cal sobre ladrillo a cemento se procederán a una limpieza general de soporte mediante cepillos o elementos adecuados.

Se aplicarán a continuación una mano de fondo con pintura a la cal diluida aplicada con brocha de encalar, rodillos o procedimientos neumáticos, hasta la impregnación de los poros de la superficie de soporte. Pasado el tiempo de secado se procederá a la aplicación de dos manos de acabado.

En pinturas sobre madera se realizará una limpieza general de la superficie del soporte. Se hará un sellado de los nudos mediante goma laca dada a pincel, asegurándose de que haya penetrado en las oquedades de los mismos.

A continuación se dará la mano de imprimación para madera a brocha o pistola, impregnando la superficie del soporte.

Para pintar el esmalte sobre hierro o acero se realizará un raspado de óxidos mediante cepillo metálico seguido de una limpieza manual esmerada de la superficie.

Se aplicará una mano de imprimación anticorrosiva al aceite, grasa o sintética, dada a brocha o pistola, con rendimiento no menor de especificado por el fabricante.

Se aplicará dos manos de acabado o brocha o rodillo de esmalte graso. Para pintar al esmalte sobre galvanizado o metales no férreos se realizará una limpieza general de la superficie seguida de un desengrasado a fondo con productos adecuados.

A continuación se aplicará una mano de imprimación a brocha o pistola con rendimiento no menor del especificado por el fabricante. Pasado un tiempo de permanencia al aire no menor del especificado, se aplicarán dos manos de acabado de esmalte graso, a brocha o rodillo con un rendimiento y un tiempo de secado entre ambas no menores de lo especificado.

Toda la carpintería de madera se tratará superficialmente con un barnizado sintético de acabado satinado en interiores y exteriores.

Toda la superficie a barnizar reunirá las siguientes condiciones previas:

- El contenido de humedad en el momento de su aplicación estará comprendido entre el 14 y el 20% para exteriores y entre el 8 y el 14% para interiores.
- La madera no estará afectada de hongos o insectos, saneándose previamente con productos fungicidas o insecticidas.
- Se habrán eliminado los nudos mal adheridos sustituyéndolos por cuñas de madera de iguales características.
- Los nudos sanos que presenten exudados resinosos se sangrarán mediante lamparillas rascándose la resina que aflore con rasqueta.

Previamente al barnizado se procederá a una limpieza general del soporte y un lijado fino del mismo. A continuación se dará una mano de fondo con barniz diluido y mezclado con productos fungicidas. Esta imprimación se dará a brocha o a pistola de manera que queden impregnados la totalidad de los poros.

Pasado el tiempo de secado de esta primera mano se realizará un posterior lijado aplicándose a continuación dos manos de barniz sintético a brocha, debiendo haber secado la primera antes de dar la segunda. El rendimiento será el indicado por el fabricante del barniz para los diferentes tipos de madera.

Antes de la aplicación de la pintura estarán recibidos y montados todos los elementos que deben ir en el paramento como cercos de puertas, ventanas, canalizaciones, instalaciones, bajantes; se comprobará que la temperatura ambiente no sea mayor de 28°C ni menor de 6°C, el soleamiento no incidirá directamente sobre el plano de aplicación; se comprobará que en las zonas próximas a los paramentos a revestir no haya manipulación o trabajo con elementos que desprenden polvo o dejen partículas en suspensión; la superficie de aplicación estará nivelada y lisa.

Antes de pintar superficies de yeso, cemento, albañilería o derivados, la superficie del soporte no tendrá una humedad mayor de 6%, habiéndose secado por aireación natural. Se eliminarán las eflorescencias salidas y la alcalinidad mediante un tratamiento químico a base de una disolución de agua caliente de sulfato de zinc o sales de flúor-silicato en una concentración entre 5 y 10%; las manchas superficiales producidas por moho, además de raspado o eliminación con estropajo, se desinfectarán lavando con disolventes fungicidas; las manchas originadas por humedades internas que lleven sales de hierro, se aislarán mediante una mano de cloro-caucho diluido o productos adecuados.

El contenido de humedad de la madera en el momento de aplicación de la pintura será del 14% al 20% al exterior; 8-14% al interior; la madera no estará afectada de ataque de hongos o insectos, saneándose previamente con productos fungicidas o insecticidas; los nudos sanos que presenten exudado de resina se sangrarán mediante lamparilla o soplete, rascando la resina que aflore con rasqueta.

Antes de pintar superficies metálicas, se realizará una limpieza general de suciedades accidentales y óxidos y un desengrasado de la superficie.

Se suspenderá la aplicación cuando la temperatura ambiente sea inferior a 6°C o superior a 28°C a la sombra; en tiempo lluvioso se suspenderá la aplicación cuando el paramento no está protegido; al finalizar la jornada se tapará y protegerá perfectamente los envases y se limpiarán y repasarán los útiles de trabajo.

Después de la aplicación se evitará en las zonas próximas a los paramentos revestidos la manipulación y trabajos con elementos que desprendan polvo o dejen partículas en suspensión.

Se dejará transcurrir el tiempo de secado indicado por el fabricante, no utilizándose procedimientos artificiales de secado.

Los materiales de origen industrial deberán cumplir las condiciones funcionales y de calidad fijadas, así como las correspondientes normas y disposiciones vigentes relativas a la fabricación y control Industrial.

Cuando el material llegue a obra con certificado de origen industrial que acredite el cumplimiento de dichas disposiciones, condiciones y normas, su recepción se realizará comprobando únicamente sus características aparentes.

Serán condiciones de no-aceptación humedades o manchas de moho u óxido o eflorescencias salinas, falta de sellado en nudos o de mano de imprimación o plastecido de vetas y golpes, no se ha realizado el rascado de óxidos y limpieza de la superficie, falta de imprimación, falta de protección de elementos próximos, tiempo válido de mezcla especificado por el fabricante sobrepasado, falta de mano fondo, aspecto y color distinto al especificado, descolgamientos, desconchados, cuarteamiento, gotas y falta de uniformidad.

La unidad de medición será el m² de superficie pintada, descontando los elementos recibidos que superen en conjunto el 15% de la superficie pintada; el m para el pintado de elementos lineales.

- Medición y valoración de las pinturas.

Las armaduras metálicas, ventanas, y superficies con huecos, pintadas a dos caras, se cobrarán por m², contándose vez y media la superficie de una cara, descontándose todos los huecos que puedan existir.

3.6.2.ITEMS QUE NECESITAN SER PINTADOS

- Todas las estructuras metálicas.
- Todos los tanques de acero, recipientes y tuberías no aisladas.
- Maquinarias y equipos pintados en taller que requieran un acabado.

3.6.3.ITEMS QUE NO NECESITAN SER PINTADOS

- Cimentaciones de hormigón.
- Materiales aleados o no férricos.
- Aislamientos térmicos.
- Superficies que deben ser aisladas.
- Partes mecanizadas de equipos.
- Mampostería.

3.7. INSTALACIONES ELÉCTRICAS EN BAJA TENSIÓN Y DE ALUMBRADO.

3.7.1. CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS DE LAS INSTALACIONES ELÉCTRICAS Y DE ALUMBRADO.

- Instalaciones interiores o receptoras

Las instalaciones interiores o receptoras son las que, alimentadas por una red de distribución o fuente de energía propia, tienen por finalidad la utilización de la energía eléctrica.

- Condiciones Generales.

En toda instalación interior o receptora que se proyecte y realice, se alcanzará el máximo equilibrio en las cargas que soportan los distintos conductores que forman parte de la misma, y ésta se subdividirá de forma que las perturbaciones originadas por las averías que puedan producirse en algún punto de ella, afecten a un número mínimo de partes de la instalación.

Esta subdivisión debe permitir también la localización de las averías y facilitar el control del aislamiento de la instalación.

INSTALACIÓN DE CONDUCTORES

Los conductores de las instalaciones para baja tensión deben ser utilizados en la forma y para la finalidad que fueron fabricados.

SISTEMA DE PROTECCIÓN

Dicho sistema para las instalaciones de baja tensión impedirá los efectos de las sobrecargas y sobretensiones que por distintas causas cabe prever en las mismas y resguardarán conductores y aparatos de las acciones de las acciones y efectos de los agentes externos. Así mismo y a efectos de seguridad general, se determinarán las condiciones que deben cumplir dichas instalaciones para evitar los contactos directos y anular los efectos de los indirectos.

PUESTA A TIERRA

Las condiciones a cumplir en la instalación así como los sistemas de puesta a tierra de los receptores y de cualquier parte de la instalación que utilice la energía eléctrica, se regirán por el vigente Reglamento Electrotécnico para Baja Tensión.

- Condiciones Particulares.

Las condiciones y garantías que deben reunir las instalaciones proyectadas serán las siguientes:

- Seguridad de personas y aparatos.
- Fiabilidad en su funcionamiento.
- Normalización en los materiales y aparatos empleados.
- Propuestas de Normas.

Las empresas distribuidoras de energía eléctrica podrán proponer Normas sobre la construcción y montaje de acometidas, líneas repartidoras, instalaciones de contadores y derivaciones individuales señalando en las condiciones técnicas de carácter concreto que sean precisas para una mayor homogeneidad en las redes de distribución y en las instalaciones de los abonados.

Estas normas deberán ajustarse al R.E.B.T., serán informadas por las delegaciones provinciales del M.I. y aprobadas en su caso, por la Dirección General de Energía.

- Redes subterráneas distribuidoras de energía eléctrica.

CONDICIONES GENERALES

Los materiales cumplirán con las especificaciones de las Normas UNE que les correspondan y que sean señaladas como de obligado cumplimiento en las Instrucciones MI-BT 044.

CONDUCTORES

Serán de cobre, aislados adecuadamente. Estarán además debidamente protegidos contra la corrosión y tendrán suficiente resistencia mecánica para soportar las tracciones a que se puedan estar sometidos.

La tensión nominal de los conductores no será inferior a 1000 V.

La sección de los conductores será la adecuada a las intensidades previstas y a las intensidades previstas y a las caídas de tensión, en todo caso no inferior a 6 mm² para conductores de cobre.

SECCIÓN MÍNIMA DEL CONDUCTOR NEUTRO

a) En distribución monofásica o de cc:

- A dos hilos: igual a la del conductor de fase.
- A tres hilos: hasta 10 mm² de cobre o 16 mm² de aluminio, igual a la del conductor de fase, para secciones superiores, mitad de la del conducto de fase, con un mínimo de 10 mm² y 16 mm² para el cobre y aluminio respectivamente.

b) En distribuciones trifásicas:

- A dos hilos: (fase y neutro) igual a la del conductor de fase.
- A tres hilos: (dos fases y neutro) igual a los conductores de fase.
- A cuatro hilos: (tres fases y neutro) hasta 10mm^2 de cobre o 16 mm^2 de aluminio, igual que los conductores de fase, para secciones mayores la mitad, con un mínimo de 10mm^2 y 16mm^2 para el cobre y aluminio respectivamente.

Todo lo dicho en este apartado se cumplirá cuando las cargas no produzcan un desequilibrio entre fases mayores al 10 %, en caso contrario las secciones del neutro serán iguales a las de los conductores de fase.

EJECUCIÓN DE LAS INSTALACIONES

a) Empalmes:

Garantizarán una perfecta continuidad del conductor y de su aislamiento, así como su envolvente metálica cuando exista. Así mismo quedará garantizada su estanqueidad y resistencia a la corrosión.

b) Instalación de los conductores:

Se instalarán dentro de un tubo de P.V.C. que irá en el fondo de una zanja conveniente preparada, rodeado de arena o tierra cribada y de forma que no pueda perjudicarle la presión o asientos del terreno. A 20cm. Por encima de los conductores se colocará una cobertura de aviso y protección, construida de hormigón.

La profundidad mínima de la instalación de 0.8m, si el Ingeniero Director lo autoriza esta distancia podrá reducirse, manteniendo la debida protección de los conductores.

- Protección.

En derivaciones de pequeña longitud (por ejemplo, acometidas como en el caso que nos ocupa), para facilitar su instalación y revisión se admite que la protección está confiada a los fusibles o interruptores automáticos instalados en el extremo de la derivación.

El conductor neutro deberá mantenerse aislado de la envolvente metálica del cable. Su puesta a tierra podrá realizarse en cajas de seccionamiento o de empalmes, separándolas de las tomas de tierra que puedan presentar las citadas cajas o envolvente metálicas del cable.

CONTINUIDAD DEL NEUTRO

La continuidad del neutro quedará asegurada en todo momento. Este no podrá ser interrumpido en las redes de distribución salvo que la interrupción sea realizada por:

- a) Interruptores o seccionadores omnipolares que actúen sobre el neutro al mismo tiempo que en las fases (corte omnipolar simultáneo) o que establezcan la conexión del neutro antes que las fases y desconecten éstas antes que el neutro.
- b) Uniones amovibles en el neutro próximas a los interruptores o seccionadores de los conductores de fase debidamente señalizada y que sólo puedan ser maniobradas con herramientas adecuadas, no debiendo ser seccionado el neutro sin que lo estén previamente las fases, ni conectadas éstas sin haberlo sido previamente el neutro.

- Cruzamientos, proximidades y paralelismos.

Es precisa la providencia de distancias de seguridad, ya que en la instalación que nos ocupa hay instalaciones de agua y saneamientos, por los que serán de aplicación la MI-BT006.

- Instalaciones de locales húmedos.

LOCALES HÚMEDOS

Locales o emplazamientos húmedos son aquellos cuyas condiciones ambientales se manifiestan momentánea o permanentemente bajo la forma de condensación en el techo y paredes, manchas salinas o moho, aun cuando no aparezcan gotas, ni el techo ni paredes estén impregnadas de agua.

CANALIZACIONES

Las canalizaciones podrán estar constituidas por:

- a) Conductores flexibles aislados a 440 V de tensión nominal como mínimo, colocados sobre aisladores.
- b) Conductores rígidos aislados a 750 V de tensión nominal como mínimo, bajo tubos protectores.
- c) Conductores rígidos aislados armados, a 100 V de tensión nominal como mínimo fijados directamente sobre las paredes o colocados en el interior de la construcción.

Los conductores destinados a la conexión de aparatos receptores podrán ser rígidos a 750 V o flexibles a 440 V de tensión nominal como mínimo.

Las canalizaciones serán estancas utilizándose; para terminales, empalmes y conexiones de las mismas, sistemas o dispositivos que presenten el grado de protección correspondiente a la caída vertical de gotas de agua.

CONDUCTORES DESNUDOS

Solamente en casos excepcionales, y por razones justificadas ante la delegación provincial correspondiente al M.I., podrán utilizarse canalizaciones constituidas por conductores desnudos sobre aisladores. En este caso la distancia más, próxima de los conductores a la pared será como mínimo de 10 cm.

CONDUCTORES AISLADOS

Los conductores aislados colocados sobre aisladores se dispondrán a una distancia mínima de 5 cm. A las paredes, y la separación entre conductores será de 3 cm como mínimo.

El material utilizado para la sujeción de los conductores aislados fijados directamente sobre las paredes será hidrófugo, preferentemente aislante y estará protegido contra la corrosión.

- Instalaciones en locales mojados.

Locales o emplazamientos mojados son aquellos en que los suelos, techo o paredes estén o puedan estar impregnadas de humedad y donde se vean aparecer, aunque sólo sea temporalmente lodo o gotas gruesas de agua, debido a la condensación o bien estar cubiertos con vaho durante largos periodos.

En estos locales además de las condiciones establecidas para locales húmedos se cumplirán las siguientes.

CANALIZACIONES

Las canalizaciones serán estancas utilizándose; para terminales, empalmes y conexiones de las mismas, sistemas y dispositivos que presenten el grado de protección correspondiente a las proyecciones de agua.

TUBOS

Los tubos serán estancos, preferentemente aislantes y en caso de ser metálicos, deberán estar protegidos contra la corrosión. Se colocarán en montaje superficial, y los tubos metálicos se dispondrán, como mínimo, a 2 cm de las paredes.

MONTAJES DIVERSOS

La instalación de herrajes, cajas terminales, empalmes,... .deben realizarse siguiendo las instrucciones y normas del fabricante.

En caso de uniones de tubos metálicos en cajas terminales a interruptor, los tramos serán cortos, de forma que los esfuerzos electrodinámicos que puedan producirse no sean ocasión de cortocircuitos entre fases.

ARMARIO DE DISTRIBUCIÓN

El armario general de maniobra estará constituido por perfiles laminados de acero y será soportado por una fundación a 15cm. Aproximadamente de altura sobre el nivel del suelo al preparar la fundación que dejarán los tubos o taladros necesarios para el posterior tendido de cables colocado con la mayor inclinación posible para conseguir que la entrada de cal a los tubos que de siempre 50 cm, como mínimo por debajo de la rasante del suelo.

El armario contendrá todos los instrumentos y aparatos de mando, protección y medida especificados en la memoria.

DISPOSITIVOS DE PROTECCIÓN

De acuerdo con lo establecido en la MIE-BT 0 20 se instalará, en cualquier caso, un dispositivo de protección en el origen de cada circuito derivado de otro que penetre en el local mojado.

APARATOS MÓVILES PORTÁTILES.

Se prohíbe su utilización en estos locales excepto en los casos previstos en la instrucción MI-BT021.

RECEPTORES DE ALUMBRADO.

Los receptores de alumbrado tendrán sus piezas metálicas bajo tensión, protegidas contra las proyecciones de agua. La cubierta de los portalámparas será en su totalidad de material aislante, hidrófugo, salvo cuando se instale en el interior de cubiertas estancas destinadas a los receptores de alumbrado, lo que deberá hacerse siempre que estas se coloquen en lugar fácilmente accesible.

3.7.2.MOTORES

- Condiciones Generales de la instalación.

Los motores estarán contruidos o se instalarán de manera que la aproximación a sus partes en movimiento no pueda ser causa de accidente.

- Conductores de conexión.

La sección mínima que deban tener los conductores de conexión que alimentan un solo motor, con objeto de evitar en ellos un calentamiento excesivo, deberá estar dimensionada para una intensidad no inferior a 1.25 de la intensidad nominal a plena carga del motor en cuestión.

- Protección contra sobre intensidades.

En el caso de los motores con arranque estrella - triángulo como es el caso que nos ocupa, la protección asegurará a los circuitos tanto para la estrella como para la de triángulo.

Las características de los dispositivos de protección estarán de acuerdo con las de los motores a proteger y con las condiciones de servicio previstas para estos, debiéndose seguir las indicaciones dadas por el fabricante de los mismos.

- Protección contra la falta de tensión.

Los motores estarán protegidos contra la falta de tensión por un dispositivo de corte automático de la alimentación, cuando el arranque espontáneo del motor, como consecuencia de un restablecimiento de la tensión, pueda provocar accidentes, oponerse a dicho restablecimiento o perjudicar al motor.

Cuando el motor arranque automáticamente en condiciones preestablecidas no se exigirá el dispositivo de protección contra la falta de tensión por el sistema de corte de la alimentación, pero debe quedar excluida la posibilidad de un accidente en caso de arranque espontáneo.

- Potencia de arranque.

Los motores tendrán limitada la intensidad absorbida en el arranque, cuando en el caso contrario se puedan producir efectos que perjudiquen a la instalación u ocasionen perturbaciones inestables al funcionamiento de otro receptor.

3.7.3. TRANSFORMADOR

- Condiciones Generales de la instalación.

Los transformadores que puedan estar al alcance de personas no especializadas estarán contruidos o situados de manera que su arrollamiento y elementos bajo tensión, si éste es superior a 50 V, sean inaccesibles.

- Protección contra sobrecarga.

Todo transformador estará protegido contra sobrecargas por un dispositivo de corte de sobre intensidades u otro sistema equivalente.

Este dispositivo estará de acuerdo con las características que figuran en la placa del transformador y se situarán antes del arrollamiento primario y después del secundario.

3.7.4. PUESTA A TIERRA

- Objeto.

Su objeto, principalmente, es el delimitar la tensión que con respecto a tierra, puedan presentar en un momento dado las masas metálicas, asegurar la actuación de las protecciones y eliminar o disminuir el riesgo que supone una avería en el material utilizado.

- Definición.

La denominación puesta a tierra comprende la unión metálica directa sin fusible ni protección alguna, de sección suficiente entre determinados elementos o partes de una instalación y un electrodo o grupo de electrodos enterrados en el suelo, con objeto de conseguir que el conjunto de instalaciones, edificios y superficie próxima al terreno no tengan diferencias de potencial peligrosas y que, al mismo tiempo, permita el paso a tierra de las corrientes de falta o la descarga de origen atmosférico.

- Partes que comprenden las puestas a tierra.

Todo sistema de puesta a tierra constará de las siguientes partes:

- Tomas de tierra.
- Líneas principales de tierra.
- Conductores de protección.
- Derivaciones de las líneas principales de tierra.

El conjunto de conductores, así como sus derivaciones y empalmes, que constituyen el circuito de puesta a tierra.

TOMAS DE TIERRA

Estarán constituidas por los siguientes elementos:

- Electrodo metálico en buen contacto con el terreno, que facilita el paso a éste de las corrientes de defecto y las cargas eléctricas que tengan o puedan tener.
- Líneas de enlace con tierra, que une el electrodo con el punto de puesta a tierra.
- Punto de puesta a tierra, constituido por un dispositivo de conexión que permita la unión entre los conductores de las líneas de enlace y principal de tierra con el fin de realizar la medida de la resistencia de tierra.
- Estará situado fuera del suelo.

LÍNEAS PRINCIPALES DE TIERRA

Formadas por conductores que parten del punto de puesta a tierra y a las que se unirán las derivaciones de puesta a tierra de las masas, generalmente a través de los conductores de protección.

DERIVACIONES DE LAS LÍNEAS PRINCIPALES DE TIERRA

Constituidas por conductores que unen la línea principal de tierra con los conductores de protección o directamente con las masas.

CONDUCTORES DE PROTECCIÓN

Estos unirán las masas a la línea principal de tierra.

- Prohibición de incluir en serie las masas y los elementos metálicos en el circuito de tierra.

El circuito de puesta a tierra formará una línea eléctricamente continua, en la que no podrá incluirse en serie masas ni elementos metálicos, cualesquiera que sean estos.

Las conexiones de los mismos al circuito de puesta a tierra se efectuarán por derivaciones de éste.

- Naturaleza, constitución, dimensiones y condiciones de instalación de los elementos de puesta a tierra.

NATURALEZA

Se emplearán electrodos artificiales. Previa autorización del Ingeniero Director se podrá utilizar electrodos naturales, siempre que presenten y aseguren un buen contacto permanente con el terreno y las resistencias de tierra que se obtengan con ellos presente un valor adecuado.

CONSTITUCIÓN DE LOS ELECTRODOS ARTIFICIALES

Podrán estar constituidos por:

- Electrodos simples constituidos por barras, cables, pletinas y otros perfiles.
- Anillos o mallas metálicas constituidos por los elementos indicados anteriormente o combinaciones de ellos.

Serán materiales inalterables a la humedad y a la acción del terreno. Su sección no será inferior a 1/4 de la sección del conductor que constituye la línea principal de tierra. Entre ellos están las picas.

Las picas podrán estar constituidas por:

- Tubos de acero galvanizado de 25 mm de diámetro exterior, como mínimo, y 2 m de longitud como mínimo.
- Cualquier otro electrodo de características similares al anterior, si el Ingeniero Director lo autoriza.

- Resistencia de tierra.

El electrodo se dimensionará de forma que su resistencia de tierra, en cualquier circunstancia previsible, no sea superior al valor especificado para ello en cada caso.

Este valor de resistencia de tierra será tal que, cualquier masa no pueda dar lugar a tensiones de contacto superiores a:

- 24 V en local o emplazamiento conductor.
- 50 V en los demás casos.

Si las condiciones de instalación son tales que pueden dar lugar a tensiones de contacto superiores a los valores señalados anteriormente, se asegurará la rápida eliminación de la falta mediante dispositivos de corte adecuados a la corriente de servicio.

- Características y condiciones de las líneas de enlace con tierra.

NATURALEZA Y SECCIONES MÍNIMAS

Los conductores que constituyen las líneas de enlace con tierra, las líneas de tierra y sus derivaciones, serán de cobre u otro material de alto punto de fusión.

Su sección deberá cumplir lo dispuesto en el MI-BT 039 y en cualquier caso no tendrán una sección inferior a 16 mm² para las líneas principales de tierra y de 35 mm² para la línea de enlace con tierra, si son de cobre, o secciones equivalentes a las anteriores para cualquier otro material empleado.

TENDIDO DE LOS CONDUCTORES DE LA LÍNEA PRINCIPAL DE TIERRA, SUS DERIVACIONES Y DE LOS CONDUCTORES DE PROTECCIÓN

El recorrido de estos conductores será lo más corto posible, sin cambios bruscos de Dirección, no estarán sometidos a esfuerzos mecánicos y estarán protegidos contra la corrosión y el desgaste mecánico.

CONEXIONES DE LOS CONDUCTORES DE LOS CIRCUITOS DE TIERRA CON LAS PARTES METÁLICAS Y MASAS A LOS ELECTRODOS

Presentarán un buen contacto eléctrico, para ello se efectuará con todo cuidado, por medio de piezas de empalme adecuadas, asegurando las superficies de contacto, de forma que la conexión sea efectiva.

Los contactos estarán limpios, sin humedad y de forma que la acción del tiempo no destruya, por efectos electroquímicos las conexiones efectuadas.

PROHIBICIÓN DE INTERRUMPIR LOS CIRCUITOS DE TIERRA

Se prohíbe intercalar en circuitos de tierra seccionadores, fusibles o interruptores. Sólo se permite disponer un dispositivo de corte en los puntos de puesta a tierra, de forma que permita medir la resistencia de la toma de tierra.

- Separación de las tomas de tierra de las masas.

Se verificará que las masas puestas a tierra en una instalación de utilización, así como los conductores de protección asociados a estas masas o a los relés de protección de masa, no están unidas a la toma de tierra de las masas de un centro de transformación.

Si no se hace el control mediante la medida efectuada entre las tomas de tierra de las masas de las instalaciones de utilización y la de las masas del centro de transformación, se considerará que las tomas de tierra son eléctricamente independientes cuando se cumplen todas y cada una de las condiciones siguientes:

- a) No existe canalización metálica conductora (cubierta metálica de cable no aislada especialmente, canalización de agua, gas...) que una la zona de tierras del centro de transformación con la zona donde se encuentran los aparatos de utilización.
- b) Las distancias entre las tomas de tierra del centro de transformación y las tomas de tierra u otros elementos conductores enterrados en los locales de utilización es al menos igual a 15m.
- c) El centro de transformación está situado en un recinto aislado de los locales de utilización o en el interior de los mismos, está establecido de tal manera que sus elementos metálicos no estén unidos a los elementos metálicos constructivos de los locales de utilización.

3.7.5. AUTORIZACIÓN Y PUESTA EN SERVICIO DE LA INSTALACIÓN

Corresponde al Ministerio de Industria, con arreglo a la ley de 24 de Noviembre de 1.939, la autorización de la puesta en servicio de las instalaciones eléctricas de baja tensión.

Las delegaciones provinciales del Ministerio de Industria autorizarán el enganche y funcionamiento de las instalaciones eléctricas de baja tensión.

3.7.6. RESPONSABILIDAD Y SANCIONES

Sin perjuicio de las comprobaciones que realicen y la autorización que otorgue la Delegación Provincial del Ministerio de Industria, la responsabilidad de las infracciones corresponde a las sanciones de las mismas.

Se presume, salvo prueba de lo contrario, autores de las infracciones respectivas:

- A los instaladores, en cuanto a las infracciones que se refieren a la instalación.
- A los usuarios, en cuanto a las infracciones relativas al uso de aquellas e instalaciones.
- A las empresas suministradoras, en cuanto a las infracciones relativas a los preceptos que les afecten en el vigente Reglamento Electrotécnico de Baja Tensión, e instrucciones complementarias.

- Medición y valoración de las instalaciones eléctricas.

Los tubos de P.V.C. se medirán en metros lineales según el diámetro y sin descontar los pasos por caja de registro. Los tubos que vayan a ir tapados, se medirán antes de que se hayan instalados totalmente.

Las cajas de registro se medirán en unidades completas instaladas, teniendo en cuenta sus características y dimensiones.

Los conductores se medirán en metros lineales, realizada la medición sobre la longitud total instalada, del mismo tipo de aislamiento y sección.

La conducción enterrada de cable desnudo recocido de cobre, para la puesta a tierra, se medirá en metros lineales en la longitud total colocada de igual sección.

Las arquetas de conexión de toma de tierra, de las características estipuladas en la documentación técnica, se medirán en unidades completas terminadas.

Los cuadros de distribución, interruptores, conmutadores, se medirán sobre la base de unidades completamente terminadas.

- Valoración de las luminarias.

Se medirán en unidades totalmente instaladas en su lugar indicando en la documentación técnica, teniéndose en cuenta el tipo de cada una de ellas.

En el precio que se estipula en los presupuestos se consideran incluidos todos aquellos accesorios para su fijación correcta.

La conducción de distribución del alumbrado se medirá en metros lineales.

- Condiciones de seguridad e higiene para la iluminación.

Los locales de trabajo tendrán la iluminación precisa y deberá satisfacer las condiciones de seguridad del personal empleado.

Siempre que sea posible la iluminación será natural, completándose aquellos lugares que no resulten bien iluminados mediante luz artificial.

- Condiciones de seguridad e higiene para los motores.

La limpieza y engrasado de los motores, transmisiones y máquinas no podrá hacerse nada más que por el personal especializado y durante la parada del mismo, salvo que exista garantía de seguridad para los operarios.

Los trabajos de reparación u otros cualesquiera similares, se harán análogamente cuando las máquinas se encuentren en reposo. Los obreros al servicio de los motores y máquinas en general, llevarán para el trabajo prendas de vestir ajustadas.

Los órganos móviles de los motores y cualquier otro elemento de los mismos que presenten peligro para los trabajadores, deberán ser provistos de la adecuada protección que los evite.

3.8. CENTRO DE TRANSFORMACIÓN

3.8.1. LOCAL

El local del centro de transformación no albergará en su interior ninguna instalación ajena a su función, ni estará atravesado o cruzado por tuberías de agua, desagües u otros servicios.

La ventilación queda garantizada mediante rejillas con lamas en forma de "V" invertida combinada con tela de mosquitero. Tales rejillas tendrán un grado de protección mínimo IP-3XX.

Las puertas serán metálicas galvanizadas de doble hoja, de apertura hacia el exterior, que puedan abatirse totalmente sobre la fachada.

Los centros de transformación prefabricados de hormigón cumplirán con la recomendación UNESA-1303A o la norma que la sustituyera.

Quedará prohibido el acceso a los centros de transformación a toda persona ajena al servicio. Se excluye de esta prohibición a los funcionarios de la Dirección de Industria y Energía, así como a los de inspección de trabajo, siempre y cuando actúen en actos de servicio.

En todo centro de transformación se instalará una banqueta aislante, guantes igualmente aislantes y una pértiga de maniobras. Así mismo, se colocará en sitio visible el esquema unifilar realizado en el centro. También se instalarán indicadores de instalaciones de alta tensión e instrucciones de primeros auxilios a accidentados por contactos con partes en tensión.

En caso de accidente no se verterá agua sobre la instalación, pues pueden producirse contactos y ponerse en comunicación los circuitos primarios con los secundarios, quedando en alta toda la instalación

En el interior y junto a la puerta se instalará un extintor de eficacia 61 OB. Los componentes básicos del hormigón armado son:

Cemento P-450.
Arena lavada de río.
Árido manchado o rodado de río.
Armaduras de acero de límite elástico mínimo de 5.000 Kg/cm ² .

La resistencia a la compresión del hormigón armado será de 350 Kg/cm² como mínimo a los 28 días y un grado de compacidad que asegure la total impermeabilidad de las paredes o módulos.

Las condiciones de servicio serán las exigidas en la norma MV-101/1962 para una altitud de instalación de 500 m sobre el nivel del mar.

3.8.2. APARAMENTA

En este apartado se incluyen el disyuntor de protección general, los interruptores-seccionadores y las celdas de protección de los transformadores de potencia.

Todos ellos serán tripolares y realizarán la extinción del arco mediante Auto soplado de hexafluoruro de azufre. Todos los contactos y bornes de conexión serán de una sola pieza de cobre plegado en frío.

Serán del tipo denominado bajo envolvente metálica, siendo este material prefabricado debiéndose garantizarse mediante protocolos de ensayos las características eléctricas del conjunto, y cumplirán lo especificado en las normas UNE-29009 y 36086.

El montaje convencional y por motivos de seguridad, se colocará necesariamente un mando por manivela para su apertura y cierre, para todos los interruptores de cable o línea.

De acuerdo con lo indicado en el apartado 1.1.1 del MIE RAT-12, los niveles de aislamiento a considerar en las instalaciones serán los siguientes:

Tensión más elevada para el material	20 KV
Tensión soportada nominal a los impulsos tipo rayo	125 KV
Tensión soportada nominal de corta duración 50Hz	50 KV

También admitirán durante un segundo una intensidad de cresta de 16kA, y resistir sin formación de arco y durante un minuto una sobrepresión trifásica de 60kV(eficaces).

Las celdas interruptor- seccionador estarán equipadas con seccionadores de puesta a tierra existiendo entre ambos seccionadores un enclavamiento seguro, de modo que cuando uno esté abierto, el otro esté cerrado, y viceversa.

Cada cabina o celda separable llevará una placa de características con los siguientes datos:

- Nombre del fabricante o maraca de identificación.
- Número de serie o designación de tipo, que permita obtener toda la información necesaria.
- Tensión nominal.
- Intensidades nominales de las barras generales y los circuitos.
- Frecuencia nominal.

La conexión a tierra de las envolventes metálicas se realizará de la forma indicada en la instrucción MIE-RAT-13.

3.8.3. FUSIBLES

Todos los fusibles serán del tipo de alto poder de ruptura.

Los fusibles irán instalados en el interior de las celdas de protección del transformador.

El calibre de los mismos dependerá de la potencia del transformador a proteger, ajustándose para este fin a lo especificado en las Normas Técnicas de Construcción y Montaje de las Instalaciones Eléctricas de Distribución de la Compañía Sevillana de Electricidad.

Los fusibles cumplirán lo especificado en la norma UNE -21120.

Deberán estar contruidos de forma que no produzcan proyecciones de metal fundido ni formación de llama, y llevar grabado el calibre por el 80% de la corriente máxima que pueden soportar indefinidamente.

3.8.4. CABLES

El puente de alta tensión será de una sección de cobre de 50 mm², de aislamiento de polietileno reticulado o etileno - propileno 18/30 KV.

El puente de baja tensión se realizará con pletinas de cobre de 100x10 mm² de sección.

El resto del cableado utilizado, en baja tensión cumplirá con la instrucción MIE.RAT-007.

Los cables de alumbrado serán de cobre electrolítico con una sección de 6 mm² excepto el de la acometida que será de 10 mm². La cubierta será de policloruro de vinilo.

Los cables de conexión a la luminaria serán de 2x2,5 mm² de cobre con igual aislamiento.

El Contratista informará por escrito al Director de Obra del nombre del fabricante de cables y le enviará una muestra de los mismos.

3.8.5. ARMARIO DE BAJA TENSIÓN.

Admitirán cuatro salidas y un módulo de ampliación, y estarán dotados de los desconectares necesarios para las salidas de cables provistos de fusibles de uso general aptos para la intensidad nominal de las líneas que alimentan.

El elemento de corte de cada línea, podrá ser uni o tripolar, con poder de corte de 2000A, colocándose un interruptor adecuado que incluso, podrá ser único para la salida del transformador.

El neutro de las salidas de baja tensión será seccionable mediante el uso de la herramienta adecuada.

Los armarios estarán contruidos conforme a las normas CEI-439-1, CEI-529, CEI-144, NF-410 y C15-100.

El grado mínimo de protección ha de ser IP-54.

Los elementos plásticos que contengan serán auto extingüibles a 96 o C según normas CEI-695.21 y C15-100.

El embarrado de que dispongan será de cobre electrolítico y capaz de soportar esfuerzos térmicos y electromecánicos de cortocircuito.

Se indicarán en unas placas con características indelebles:

- Nombre de fabricante, modelo y número de serie.
- Intensidad en amperios.
- Número de líneas de salida.

3.8.6. EQUIPO DE MEDIDA

El equipo de medida estará compuesto de los transformadores de medida ubicados en la celda de medida de A.T. y el equipo de contadores de energía activa y reactiva ubicado en el armario de contadores, así como de sus correspondientes elementos de conexión, instalación y precintado.

Las características eléctricas de los diferentes elementos están especificadas en la memoria.

Los transformadores de medida deberán tenerlas dimensiones adecuadas de forma que se puedan instalar en la celda de A.T. guardado las distancias correspondientes a un aislamiento de 24 kv. Por ello será preferible que sean suministrados por el propio fabricante de las celdas, ya instalados en la celda.

En el caso de que los transformadores no sean suministrados por el fabricante de celdas se le deberá hacer la consulta sobre el modelo exacto de transformadores que se van a instalar a fin de tener la garantía de que las distancias de aislamiento, pletinas de interconexión, etc. serán las correctas.

La regleta de verificación será de un modelo normalizado por la Compañía Sevillana de Electricidad, situada de forma que pueda ser manipulada sin peligro, por proximidades con partes en tensión.

Los transformadores de intensidad estarán homologado por la Administración competente, siendo las características técnicas las siguientes:

Clase de precisión mínima	0,5
Potencia de precisión mínima	15 VA
Tensión nominal de aislamiento	36 KV
Tipo de aislamiento	Seco
Intensidad límite térmica mínima	5 KA
Intensidad límite dinámica mínima	2,5x5 KA
Factor de sobrecarga mínimo	5
Intensidad nominal secundaria	5 A
Intensidad nominal primaria	150 A

Los transformadores de tensión estarán homologados por la Administración competente.

En los circuitos secundarios de estos transformadores sólo se podrán conectar los circuitos voltimétricos de los contadores, que sirvan para la facturación, así como la alimentación de aquellos elementos necesarios para dicha facturación (relojes de tarificación, etc.).

Las características técnicas fundamentales de los transformadores de tensión son las siguientes:

Clase de precisión mínima	0,5
Potencia de precisión mínima	50 VA
Tensión nominal de aislamiento	24 KV
Tipo de aislamiento	Seco
Tensión nominal secundaria	110/3 V
Tensión nominal primaria	22/ 3 KV

3.8.7. CONTADORES

Los contadores de energía activa y reactiva estarán homologados por el organismo competente. Sus características eléctricas están especificadas en la memoria.

3.8.8. TRANSFORMADOR

Además de lo especificado en el presente pliego, cumplirán las dadas en el documento Memoria.

Se usará transformador en baño de aceite.

El transformador en baño de aceite se ajustará a las normas CEI, UNE-20138 y recomendaciones UNESA 5201-y 5204.

La tensión del primario nominal de trabajo será de 20 KV, para ello deberán de llevar bajo tapa las conexiones necesarias para la tensión de 20 KV. La tensión del secundario será 380/220 V de valor nominal.

Se prohíbe usar piraleno como refrigerante.

El transformador irá provisto de regulador de tensión, que se puede accionar sin carga, con una regulación posible de 2,5 y 5% de la tensión nominal.

El fabricante será de conocida solvencia y su marca de fabricación será internacionalmente conocida.

El aceite estará obtenido por destilación fraccionada del petróleo y refinada con posterioridad.

Sus características más importantes serán:

- Color: Observado a contraluz en un tubo de ensayo de 15 mm, aparecerá claro y limpio.
- Peso específico: A veinte grados, ocho grados Engler y a cincuenta grados, dos con cinco grados Engler como máximo.
- Temperatura de inflamación mínima: Ciento cuarenta grados.
- Rigidez dieléctica: 100 KV/cm.
- Alteración del algodón: Al Introducirlo en el aceite durante diez minutos y probado a tracción inmediatamente después de secado del mismo, presentará una reducción no mayor del 35% en su coeficiente de tracción inicial.
- Acidez orgánica: Será de un máximo de 0,05% en ácido oleico.
- Asfalto y resinas: Exento.

Los cables de unión entre las celdas de protección y el transformador serán de aislamiento basándose en polietileno reticulado, de 50 mm² de sección, 18/30 KV.

3.8.9. COLUMNAS

Cumplirán:

- Las características y ensayos se regirán por las Normas de Alumbrado Urbano del Ministerio de la Vivienda.
- El espesor mínimo de chapa será de 3mm.
- El tipo de acero cumplirá la norma UNE 36080-73
- La columna llevará en su base una puerta de registro prevista de cerradura. Esta puerta y la cavidad a la que da acceso deberá de ser de suficientes dimensiones para permitir el alojamiento de la placa de conexión y fusible.

El Contratista presentará al Director de Obra un croquis con las características de dimensiones, formas, espesores de chapa y peso de columna que se pretende colocar.

3.8.10. CENTRO DE MANDO

Será metálico tratado químicamente. Tendrá el cierre hermético de manera que resguarde a los elementos en él alojados de la humedad. Deberá de llevar cerradura con llave para que el interior solo pueda ser manipulado por el personal especializado.

Los interruptores magnetotérmicos cumplirán con las normas UNESA y serán de las características ya citadas en el documento Memoria.

La célula fotoeléctrica deberá de soportar la acción de los agentes atmosféricos sin que afecten a su función.

El relé crepuscular deberá de ajustarse para que conecte cuando la intensidad luminosa descienda de 10 lux

3.8.11. CENTRO DE TRANSFORMACIÓN

En primer lugar se prepararán la apertura y nivelación del foso para la correcta colocación del centro. Después se realizarán las zanjas; deberán de estar limpias de materiales que estorben en el tendido de los tubos los cuales deberán de asentar perfectamente. Las dimensiones de las excavaciones se ajustarán a las indicadas en los planos que acompañan al presente Proyecto.

En terrenos inclinados se hará una explanación del terreno al nivel correspondiente a la estaca central.

La tierra sobrante deberá de ser retirada a un lugar donde no produzca perjuicio ninguno.

Los embarrados y conexiones de alta tensión estarán constituidos por conductores aislados soportados por aisladores de apoyo. Estos aisladores de apoyo soportarán una carga mínima de ensayo a la flexión de 160 daN.

Las conexiones, derivaciones y empalmes se realizarán con elementos apropiados, que para conductores de cobre de sección circular se recomienda que sean de apriete concéntrico.

Las conexiones de baja tensión se ajustarán a lo dispuesto en REBT.

Ningún circuito de baja tensión se situará sobre la vertical de los circuitos de alta tensión ni a menos de 45 cm, excepto si se instalan tubos o pantallas de proyección.

Se cuidará de respetar las distancias de las partes en tensión, a masa como establece en el vigente Reglamento. Los mandos de los aparatos deberán ser regulados para su perfecto funcionamiento.

Las condiciones de los circuitos de puesta a tierra son las siguientes:

- No se unirán al circuito de puesta a tierra ni las ventanas metálicas ni las puertas de acceso.
- En ninguno de los circuitos de puesta a tierra se colocarán elementos de seccionamiento.
- La conexión del neutro a su toma se efectuará siempre que sea posible antes del seccionamiento de baja tensión.
- Cada circuito de puesta a tierra llevará un borne para la medida de la resistencia a tierra, situado en un punto de fácil acceso.
- Los circuitos de tierra se establecerán de manera que se eviten los deterioros debidos a las acciones mecánicas.
- La conexión del conductor de tierra con la toma de tierra se realizará de forma que no haya peligro de aflojarse.
- Los circuitos de puesta a tierra formarán una línea continua en la que no podrán incluirse en serie las masas del centro. Siempre la conexión de las masas se realizará por derivación.

- Los conductores de tierra podrán ser de cobre o acero y su sección mínima respectivamente de 35 mm² o su equivalente.
- Cuando la alimentación de un centro se realice por medio de cables subterráneos provistos de cubiertas metálicas, se asegurará la continuidad de estas por medio de un conductor de cobre lo más corto posible de una sección no inferior a 50 mm².

La cubierta metálica se unirá al circuito de tierra de las masas.

Puesto que se realizará la medida en alta tensión, se instalarán tres transformadores de intensidad y otros tres de tensión en el sentido de la circulación de la energía y como se indica en el plano correspondiente.

Los transformadores de medida deben ser instalados de forma que sus placas de características sean visibles una vez abierta la celda que los contiene. Se reserva una celda exclusivamente para medida.

Las líneas de conexión del equipo de medida, serán lo más cortos posible, canalizados en tubo visible. La tierra de los secundarios de los transformadores de medida, se llevará directamente de cada transformador al punto de unión con la tierra para medida y de aquí se llevará, en un solo hilo, a la regleta de verificación.

Los contadores se colocarán en un módulo exterior a la celda, estando los hilos de conexión bajo tubo de acero.

El error en la medida producido por los empalmes y los conductores no serán superior al 0,2% en valor absoluto.

El equipo de medida estará montado de tal forma que pueda precintarse en los mecanismos de regulación por Organismos

Competentes de la Administración y en los de conexión de Sevillana de Electricidad, sin impedir a su vez la visibilidad de los integradores de medida.

Los contadores de medida de energía reactiva se colocarán siempre según el orden de sucesión de fases y en primer lugar. El de activa a continuación.

Durante la ejecución de las obras o una vez finalizada, el Director de Obra podrá verificar si los trabajos realizados están de acuerdo con las especificaciones contenidas en este Pliego. Esta verificación se llevará a cabo por cuenta del Contratista.

Una vez finalizadas las instalaciones el Contratista deberá de solicitar la oportuna recepción global de la obra. En la recepción de la instalación se incluirán los siguientes conceptos:

- Aislamiento: Medición de la resistencia del aislamiento del conjunto de la instalación.
- Ensayo dieléctrico: Todo el material que forma parte del equipo eléctrico del centro deberá de haber soportado por separado las tensiones de prueba a frecuencia industrial y a impulso tipo rayo.
- Instalación de puesta a tierra: Se comprobará la medida de las resistencias de puesta a tierra, las tensiones de contacto y de paso.
- Regulación y protecciones: Se comprobará el buen estado de funcionamiento de los relés de protección y su correcta regulación.

3.9. BOMBAS

- Se instalarán bombas horizontales centrífugas.
- El proveedor proporcionará curvas de rendimiento, potencia, caudal, etc., para todas las bombas instaladas.
- Se aconseja y prefiere el uso de juntas mecánicas sobre las de empaquetadura.
- Se prefiere el uso de cojinetes estandarizados.
 - Dichos soportes se lubricarán con aceite.
 - Los soportes de cojinete se diseñarán de tal modo que para la máxima carga y mínimo engrase, la vida media no sea inferior a 2 años.
- Se debe prever un depósito de aceite de reserva de la capacidad adecuada, íntegramente con el soporte.
- Se debe prever la posibilidad de montar y desmontar los cierres y elementos rotativos, sin tener que mover el motor.
- Los rodets se diseñarán para tener un decrecimiento gradual de carga, con crecimiento de opacidad desde el arranque a la capacidad normal.
- La magnitud de cualquier vibración con la bomba funcionando en su bancada, no debe sobrepasar 0.05mm, doble amplitud medida en el soporte del cojinete.
- En las líneas de descarga se instalarán válvulas retentoras antes de la primera válvula de bloque.

- Los filtros temporarios se fabricarán de chapa perforada a máquina de 1/6" de espesor para tuberías menores de 15".

3.10. TUBERÍAS

3.10.1. CÓDIGOS

- Todas las tuberías de proceso estarán de acuerdo con la sección aplicable del código ASA.
- Todos los materiales para tuberías se especifican de acuerdo con ASTM.

3.10.2. TUBERÍAS

- Todas las tuberías serán de un " Schedule" de 10, salvo que se Especifique lo contrario.
- Todas las tuberías de 3" y mayores serán fabricadas en taller utilizando accesorios de soldadura a tope. Toda la tubería de 2" será fabricada en campo utilizando accesorios roscados. En ciertos casos y para tubería de 2" únicamente, las uniones por soldadura de encastre pueden ser más prácticas que las roscadas.
- Si las fatigas producidas por la dilatación o contracción de las tuberías no pueden ser reducidas a los límites admitidos por el código mediante cambio de dirección o elevación, se deberán hacer liras de expansión. Las liras de expansión serán situadas preferentemente en un plano vertical, y podrán fabricarse completamente con accesorios soldados.

- Las tomas de muestra y líneas de ventilación serán de 3/4" como mínimo a no ser que se indique específicamente lo contrario.
- El margen de corrosión en las tuberías será de un mínimo de 3 mm para garantizar 12 años de servicio.

3.10.3. VÁLVULAS

- Todas las válvulas, forjadas o fundidas, de compuerta o asiento, en acero al carbono o aleado, tendrán las capas atornillada y exteriormente roscas y estribos.
- Los cuerpos de válvula de hierro, con la cara de brida lisa, serán mecanizados para obtener una cara con mecanizado en espiral.
- Los instrumentos como manómetros, termopares, placas orificio, termómetros, etc., conectados a las líneas, llevarán válvula de cierre que permita el cambio de los mismos sin pérdidas del fluido. Dichas válvulas deberán cumplir las especificaciones de tuberías.
- Se evitará el uso de válvulas de ángulo.

3.10.4. BRIDAS

- Todas las bridas se orientarán de modo que los agujeros queden fuera de los ejes, y simétricamente distribuidos respecto a ellos.
- Las uniones brida - brida se realizarán mediante perno roscado y dos tuercas hexagonales. Los pernos de acero al carbono serán de una calidad no inferior que la del acero ASIMA - 193 Grado B - 7.
- La cara de la brida será del tipo "raised" o "flat"; las caras macho - hembra no son permitidas.

3.10.5. ACCESORIOS

- Los cambios de tamaño se realizarán mediante reductores unidos de igual forma que la tubería donde se instalan.
- Las conexiones en las líneas de proceso se realizarán mediante soldadas.
- Se colocarán filtros delante de todas las bombas y equipos rotativos que no tengan esa protección.
- Los accesorios embridados deberán ser de utilización absolutamente mínima.

3.10.6. COLGANTES Y ACCESORIOS

- No se usará hierro maleable para vigas o uniones de tuberías a los soportes.
- Los soportes fabricados con tubos tendrán sus extremos tapados.

3.10.7. CAMBIOS DE DIRECCIÓN

- Los cambios de dirección de todas las tuberías roscadas se realizarán curvando la tubería, siempre que sea posible; en caso contrario utilizando codos roscados.
- Los cambios de dirección de la tubería soldada se realizarán mediante el empleo de soldados sin unión. La tubería curvada podrá utilizarse dependiendo del servicio o la aplicación.
- Los codos de 90° soldados a tope deberán ser de radio largo.

3.10.8. PRUEBAS E INSPECCIONES

- Donde sea posible, todas las líneas se probarán hidrostáticamente en campo. La prueba estará de acuerdo con el código ASA para tuberías a presión.
- Las líneas de drenaje o venteo a la atmósfera no deben ser probadas.

3.11. AISLAMIENTO TÉRMICO

3.11.1. GENERAL

- Todas las tuberías de vapores o fluidos donde sea necesaria la conservación del calor, deben ser aisladas térmicamente.
- Las bridas y cuerpos de válvulas serán aisladas.
- Todas las tuberías aisladas se limpiarán, secarán y probarán hidrostáticamente antes del recubrimiento

3.11.2. MATERIALES

Todos los materiales deben ser nuevos, llegando a obra cerrados y en sus embalajes originales.

3.12. AISLAMIENTO ACÚSTICO

Todas las zonas indicadas en los planos se aislarán acústicamente para impedir la libre circulación de las ondas sonoras.

Durante la construcción de las paredes, punto 3.5, se tapizarán las paredes con aislamiento acústico según dicho punto.

Todos los materiales deben ser nuevos, llegando a obra cerrados y en sus embalajes originales.

3.13. SEGURIDAD Y SALUD EN LA OBRA

3.13.1. OBJETO DEL PRESENTE CAPÍTULO

Se redacta el siguiente pliego para definir las calidades y características técnicas de los materiales a utilizar en la obra en lo dispuesto en el estudio de seguridad e higiene, normativa básica de obligado cumplimiento, obligaciones del empresario, etc.

3.13.2. CONDICIONES TÉCNICAS.

En aplicación del Estudio de Seguridad e Higiene en el Trabajo, el contratista o constructor principal de la obra quedará obligado a elaborar un Plan de Seguridad e Higiene en el que analice, estudie, desarrolle y complemente en función de su propio sistema de ejecución, las obras y las previsiones contenidas en el citado estudio.

El Plan de Seguridad e Higiene debe ser presentado antes del inicio de la obra a la Dirección Técnica encargada de su aprobación y seguimiento.

Una copia de dicho plan a efectos de su conocimiento y seguimiento debe ser entregada al vigilante de seguridad, y en su defecto, a los representantes de los trabajadores del centro de trabajo, quienes podrán presentar por escrito y de forma razonada las sugerencias y alternativas que se estimen oportunas.

- Vigilante de seguridad e higiene.

Sus funciones serán las establecidas por la Ordenanza de Seguridad e Higiene en el Trabajo.

Es el responsable del cumplimiento del Plan de Seguridad.

Todos los incumplimientos deberán ser anotados en el Libro de Incidencias, dando cuenta a la Dirección Técnica Facultativa y a los inspectores de Seguridad e Higiene en el Trabajo.

Debe ser designado por escrito y presentado a la Dirección Técnica para su aprobación antes del inicio de las obras.

- Condiciones de los medios de protección.

Todas las prendas de protección personal o elementos de protección colectiva, tendrán fijado un periodo de vida útil, desechándose a su término.

Cuando por las circunstancias del trabajo se produzca un deterioro más rápido en una determinada prenda o equipo, se repondrá ésta, independientemente de la duración prevista o de la fecha de entrega.

Toda prenda o equipo de protección que haya sufrido un trato límite, es decir, el máximo para el que fue concebido, será desechado y repuesto al momento.

De igual modo se repondrán inmediatamente aquellas prendas que por su uso hayan adquirido más holgura o tolerancias de las admitidas por el fabricante.

El uso de una prenda o equipo nunca representará un riesgo en sí mismo.

3.13.3. PROTECCIONES PERSONALES.

Todo elemento de protección personal se ajustará a las Normas de Homologación pertinentes, siempre que existan en el mercado, y si no, se tendrán en cuenta las consideraciones antes aludidas.

Los medios de protección personal, simultáneos con los colectivos, serán de empleo obligado, siempre que se precisen para eliminar o reducir los riesgos profesionales.

La protección personal, no dispensa en ningún caso de la obligación de emplear los medios preventivos de carácter general, conforme a lo dispuesto por la Ordenanza General de Seguridad e Higiene en el Trabajo.

Todas las prendas homologadas deberán llevar el sello reglamentario.

3.13.4. PROTECCIONES COLECTIVAS

VALLAS AUTÓNOMAS DE LIMITACIÓN Y PROTECCIÓN.

Podrán realizarse a partir de pórticos con pies derechos y dintel a partir de tablones embridados, firmemente sujetos al terreno y cubierta cuajada de tablones.

Estos elementos también podrán ser metálicos.

REDES PERIMETRALES

Para la protección del riesgo de caídas a vacío por el borde perimetral se utilizarán pescantes tipo horca.

El extremo inferior de la red, se anclará a horquillas de hierro previamente embebidas en el forjado. Las redes serán de poliamida, protegiendo las plantas de trabajo.

La cuerda de seguridad será como mínimo de 10 mm de diámetro, y los módulos de red serán atados entre sí, con cuerda de poliamida como mínimo de 3 mm de diámetro.

El desencofrado se protegerá mediante redes de la misma calidad ancladas al perímetro de los forjados.

REDES VERTICALES.

En protecciones verticales de cajas de escaleras, voladizos de balcones, cláusula de acceso a planta desprotegida, forjados una vez desencofrados y hasta la construcción del cerramiento, etc., se utilizarán redes verticales (tipo TETRIX®), ancladas a los forjados respectivos y a los pilares o puntales colocados a tal efecto.

REDES HORIZONTALES.

Se colocarán para proteger la posible caída de personas u objetos en patios, huecos de escaleras, etc.

BARANDILLAS.

Las barandillas rodearán el perímetro de la planta encofrada, si no se utiliza otro medio, como las redes verticales antes descritas, y deberán tener la suficiente resistencia para garantizar la retención de personas.

Cables de sujeción de cinturón de seguridad y sus anclajes.

Tendrán suficiente resistencia para soportar los esfuerzos a que puedan ser sometidos de acuerdo con su función protectora.

Todos los operarios deberán ser instruidos sobre las formas correctas de utilización y colocación, por parte del encargado de los trabajos.

Antes de su utilización, deberán revisarse todos los elementos constituyentes del cinturón, sobre todo el elemento de amarre.

Cuando existan dificultades para fijar un punto de anclaje, se utilizarán dispositivos anti caída

PLATAFORMAS DE TRABAJO.

Tendrán como mínimo 60 cm de ancho, y las situadas a más de 2 metros del suelo, estarán dotadas de barandillas de 90 cm de altura, listón intermedio y rodapié.

Los elementos que las compongan, se fijarán a la estructura portante, de modo que no puedan darse basculamientos, deslizamientos u otros movimientos peligrosos.

Si se realizara con madera, ésta será sana, sin nudos ni grietas que puedan dar lugar a roturas, el espesor mínimo será de 5 cm. Si son metálicas deberán tener una resistencia suficiente al esfuerzo a que van a ser sometidas.

Se cargarán únicamente los materiales necesarios para asegurar la continuidad del trabajo.

PLATAFORMAS VOLADAS.

Deberán ir provistas de zapatas antideslizantes, apoyándose en superficies planas y resistentes. Si son de madera, los largueros serán de una sola pieza, los peldaños estarán ensamblados en los largueros (no solamente clavados), y no deberán pintarse, salvo con barniz transparente.

Queda prohibido el empalme de escaleras si no cuentan con elementos especiales para ello. No salvarán más de 5 metros de altura si no están reforzadas en el centro, para salvar alturas superiores se adecuarán fijaciones en cabeza y base y se utilizará cinturón de seguridad o dispositivo anti caída.

ESCALERA DE MANO.

- Deberán ir provistas de zapatas antideslizantes.

SEÑALES DE TRÁFICO Y SEGURIDAD.

Estarán de acuerdo con la normativa vigente.

TOPES PARA LA DESCARGA DE VEHÍCULOS A DISTINTO NIVEL.

Se podrán realizar con un par de tablones embridados, fijados al terreno por medio de redondos hincados al mismo, o de otra forma eficaz.

INTERRUPTORES DIFERENCIALES.

La sensibilidad mínima de los interruptores diferenciales, será para alumbrado de 30mA y para fuerza de 300mA.

TOMA DE TIERRA.

La resistencia de la toma de tierra no será superior a la que garantice de acuerdo con la sensibilidad del interruptor diferencial, una tensión máxima de contacto de 24V.

La red de tierra, se realizará con cable de cobre desnudo, trenzado de 50mm² y pica de acero o cobre desnudo, trenzado de 50mm² de 2 metros de longitud y 3/4 de diámetro.

EXTINTORES DE INCENDIOS.

Serán adecuados al agente extintor y tamaño al tipo de incendio previsible, y se revisarán periódicamente

3.13.5. SERVICIOS DE PROTECCIÓN

SERVICIO TÉCNICO DE SEGURIDAD E HIGIENE.

La empresa constructora dispondrá de asesoramiento técnico de seguridad e higiene.

El contratista deberá presentar antes de su implantación en obra y posteriormente con la periodicidad exigida, los siguientes documentos:

- Lista de personal, detallando los nombres de los trabajadores que pertenecen a su plantil a y van a desempeñar los trabajos contratados, indicando los números de afiliación a la Seguridad Social.

Dicha lista debe ser soportada para el caso de Sociedades Cooperativas por la fotocopia de la matriz individual del talonario de cotización de la Mutualidad Laboral de Trabajadores Autónomos de la Industria, con la fotocopia de A-22 de alta en la Seguridad Social;

O en su defecto fotocopia de la inscripción en el Libro de Matrícula para el resto de sociedades.

- Asimismo deberá indicar posteriormente todas las altas y bajas que se produzcan de acuerdo con el procedimiento del epígrafe anterior.
- Fotocopia de los ejemplares oficiales de los impresos de liquidación TC1 y TC2 del Instituto Nacional de la Seguridad Social, o en caso de Sociedades Cooperativas la matriz de los talones de cotización a la Mutua Laboral de los Trabajadores Autónomos de la Industria, debidamente diferenciada como abonos, correspondiente a las últimas mensualidades ingresadas en el periodo voluntario de cobro.
Posteriormente dichas mensualidades se presentarán antes del día 10 de cada mes.
- Seguro de responsabilidad civil de todos los vehículos y maquinaria que trabaje o tenga acceso directo al área de trabajo. No se permitirá el acceso al trabajo de ningún vehículo o maquinaria sin este requisito.
- El contratista presentará copias de las pólizas de seguros mencionados.
- Servicio médico. La empresa constructora dispondrá de un servicio médico de empresa propio o mancomunado.
- Instalaciones médicas. La obra dispondrá de botiquín portátil instalado en las oficinas. Los servicios médicos del contratista (propios o mancomunados) revisarán mensualmente el contenido del botiquín, reponiendo inmediatamente todo lo utilizado o consumido.

3.13.6. CONDICIONES FACULTATIVAS

- Normativa legal de aplicación.

La edificación, objeto del Plan de Seguridad y Salud, estará regulada a lo largo de su ejecución por los textos que a continuación se citan, siendo de obligado cumplimiento para las partes implicadas.

Ley de Prevención de Riesgos Laborales 31/1995 de 8 de Noviembre (se prestará especial atención a los puntos que se detallan).

Real Decreto 1627/97 de 24 de Octubre de 1997. Este Real Decreto tiene por objeto establecer la aplicación concreta de la Ley 31/1995 de Prevención de Riesgos Laborales, al sector de la construcción y su vigencia comenzará a partir del día 25 de Diciembre de 1997, coincidiendo con los dos meses de su publicación, tal como establece la disposición final tercera.

Esta nueva norma deroga expresamente el Real Decreto 555/1986, modificado por el Real Decreto 84/1990, que implantó el Plan de Seguridad y Salud en los proyectos de edificación y obras públicas que, no obstante, será de aplicación en todos aquellos proyectos visados por los Colegios profesionales correspondientes aprobados por las administraciones públicas antes de la entrada en vigor del nuevo Real Decreto.

- Obligaciones de las partes implicadas.

El autor del encargo adoptará las medidas necesarias para que el Plan de Seguridad y Salud quede incluido como documento integrante del proyecto de ejecución de obra. Dicho Plan de Seguridad y Salud será visado en el Colegio profesional correspondiente.

Asimismo, abonará a la empresa constructora, previa certificación de la dirección facultativa, las partidas incluidas en el documento presupuesto Plan de Seguridad. Si se implantasen elementos de seguridad, no incluidos en el presupuesto, durante la realización de la obra, estos se abonarán igualmente a la empresa constructora, previa autorización del autor del Plan de Seguridad y Salud.

El Plan de Seguridad que analice, estudie y complemente este Plan de Seguridad, contará de los mismos aparatos, así como la adopción expresa de los sistemas de producción previstos por el constructor, respetando fielmente el Pliego de Condiciones. Dicho Plan será sellado y firmado por persona con suficiente capacidad legal.

La aprobación expresa del Plan y el representante de la empresa constructora con facultades legales suficientes o por el propietario con idéntica calificación legal.

La empresa constructora cumplirá las estipulaciones preventivas del Plan de Seguridad y Salud, respondiendo solidariamente de los daños que se deriven de la infracción del mismo por su parte o de los posibles subcontratistas o empleados.

La dirección facultativa considera el Plan de Seguridad y Salud como parte integrante de la ejecución de la obra. A la Dirección Facultativa le corresponde el control y supervisión de la ejecución del Plan de Seguridad y Salud, autorizando previamente cualquier modificación de éste, dejando constancia escrita en el Libro de Incidencias.

Periódicamente, según lo pactado, se realizarán las pertinentes certificaciones del presupuesto de seguridad, poniendo en conocimiento de la propiedad y de los organismos competentes, el incumplimiento, por parte de la empresa constructora, de las medidas de seguridad contenidas en el Plan de Seguridad y Salud.

Los suministradores de medios, dispositivos, máquinas y medios auxiliares, así como los subcontratistas, entregarán al jefe de obra, delegados de prevención y dirección facultativa, las normas para montaje, desmontaje, usos y mantenimiento de los suministros y actividades; todo ello destinado a que los trabajos se ejecuten con la seguridad suficiente y cumpliendo con la normativa vigente.

Los medios de protección personal, estarán homologados por organismo competente en caso de no existir éstos en el mercado, se emplearán los más adecuados bajo criterio del Comité de Seguridad y Salud o Delegación de Prevención, con el visto bueno de la Dirección Facultativa, para la seguridad.

COMITÉS DE SEGURIDAD Y SALUD. DELEGADO DE PREVENCIÓN DE SEGURIDAD

El comité de Seguridad y Salud es el órgano paritario y colegiado de participación destinado a la consulta regular y periódica de las actuaciones de la empresa en materia de prevención de riesgos.

Se constituirá un Comité de Seguridad y Salud en todas las empresas o centros de trabajo que cuenten con 50 o más trabajadores.

El comité estará formado por los delegados de prevención, de una parte, y por el empresario y/o su representante en número igual al de los delegados de prevención de la otra.

En las reuniones del Comité de Seguridad y Salud participarán, con voz pero sin voto, los delegados sindicales y los responsables técnicos de la prevención de la empresa que no estén incluidos en la composición a la que se refiere el párrafo anterior.

En las mismas condiciones podrán participar trabajadores de la empresa que cuenten con una especial cualificación o información respecto de concretas cuestiones que se debatan en este órgano y técnicos en prevención ajenos a la empresa, siempre que así lo solicite alguna de las representaciones en el Comité.

El Comité de Seguridad y Salud se reunirá trimestralmente y siempre que lo solicite alguna de las representaciones en el mismo. El Comité adoptará sus propias normas de funcionamiento.

Las empresas que cuenten con varios centros de trabajo dotados de Comité de Seguridad y Salud podrán acordar con sus trabajadores la creación de un Comité Inter centros, con las funciones que el acuerdo le atribuya.

COMPETENCIAS Y FACULTADES DEL COMITÉ DE SEGURIDAD Y SALUD

El Comité de Seguridad y Salud tendrá las siguientes competencias:

- Participar en la elaboración, puesta en práctica y evaluación de los planes y programas de prevención de riesgos en la empresa. A tal efecto, en su seno se debatirán antes de su puesta en práctica y en lo referente a su incidencia en la prevención de riesgos, los proyectos en materia de planificación, organización del trabajo e introducción de nuevas tecnologías, organización y desarrollo de las actividades de protección y prevención y proyecto y organización de la formación en materia preventiva.
- Promover iniciativas sobre métodos y procedimientos para la efectiva prevención de los riesgos, proponiendo a la empresa la mejora de las condiciones o la corrección de las deficiencias existentes.

DELEGADOS DE PREVENCIÓN

Los Delegados de Prevención son los representantes de los trabajadores con funciones específicas en materia de prevención de riesgos en el trabajo.

Los Delegados de Prevención serán designados por y entre los representantes del personal, en el ámbito de los órganos de representación previstos en las normas a que se refiere el artículo 34, Ley 31/95, con arreglo a la siguiente escala:

De 50 a 100 trabajadores	2 Delegados de Prevención
De 101 a 500 trabajadores	3 Delegados de Prevención
De 501 a 1000 trabajadores	4 Delegados de Prevención
De 1001 a 2000 trabajadores	5 Delegados de Prevención
De 2001 a 3000 trabajadores	6 Delegados de Prevención
De 3001 a 4000 trabajadores	7 Delegados de Prevención
De 4001 en adelante	8 Delegados de Prevención

En las empresas de hasta 30 trabajadores el Delegado de Prevención, será el delegado de personal.

En las Empresas de 31 a 49 trabajadores habrá un Delegado de Prevención que será elegido por y entre los delegados de personal.

- Los trabajadores vinculados por contrato de duración determinada superior a un año se computarán como trabajadores fijos de plantilla.
- Los contratos por término de hasta un año se computarán según el número de días trabajados en el período de un año anterior a la designación. Cada 200 días trabajados o fracción se computarán como un trabajador más.

COMPETENCIAS Y FACULTADES DE LOS DELEGADO DE PREVENCIÓN

- Colaborar con la dirección de la Empresa en la mejora de la acción preventiva.
- Promover y fomentar la cooperación a los trabajadores en la ejecución de la normativa y sobre la precisión de riesgos laborales.
- Ser consultados por el empresario con carácter previo a la ejecución acerca de las decisiones a que se refiere el artículo 33 de la presente Ley.
- Ejerce una labor de vigilancia y control sobre cumplimiento de la normativa de prevención de riesgos laborales.

GARANTÍA Y SIGILO PROFESIONAL DE LOS DELEGADOS DE PREVENCIÓN

Lo previsto en el artículo 68 del Estatuto de los Trabajadores en materia de garantías será de aplicación a los Delegados de Prevención en su condición de representante de los trabajadores.

El tiempo utilizado por los Delegados de Prevención para el desempeño de las funciones previstas en esta Ley será considerado como de ejercicio de funciones de representación a los efectos de la utilización del crédito de horas mensuales retribuidas previsto en la letra e) del citado artículo 68 del Estatuto de los Trabajadores.

No obstante lo anterior, será considerado en todo caso como tiempo de trabajo efectivo, sin imputación al citado crédito horario, el correspondiente a las reuniones del Comité de Seguridad y Salud y a cualesquiera otras convocadas por el empresario en materia de prevención de riesgos, así como el destinado a las visitas previstas en las letras a) y c) del número 2 del artículo anterior.

El empresario deberá proporcionar a los Delegados de Prevención los medios y la formación en materia preventiva que resulten necesarios para la ejecución de sus funciones.

La formación se deberá facilitar por el empresario por sus propios medios o mediante concierto con organismos o entidades especializadas en la materia y deberá adaptarse a la evolución de los riesgos y a la aparición de otros nuevos, permitiéndose periódicamente si fuera necesario.

El tiempo dedicado a la formación será considerado como tiempo de trabajo a todos los efectos y su coste no podrá recaer en ningún caso sobre los Delegados de Prevención.

SERVICIO DE PREVENCIÓN

Nombramiento por parte del empresario de los trabajadores que se ocupen de las tareas de prevención de riesgos profesionales.

Protección y prevención de riesgos profesionales (Artículo 30 Ley 31/95).

En cumplimiento del deber de Prevención de riesgos profesionales, el empresario designará uno o varios trabajadores para ocuparse de dicha actividad, constituirá un servicio de prevención o concertará dicho servicio con una entidad especializada ajena a la empresa.

Los trabajadores designados deberán tener la capacidad necesaria, disponer del tiempo y de los medios precisos y ser suficientes en número, teniendo en cuenta el tamaño de la empresa, así como los riesgos a que están expuestos los trabajadores y su distribución en la misma, con el alcance que se determine en las disposiciones a que se refiere la letra e) del apartado 1 del Artículo 6 de la presente Ley.

Los trabajadores a que se refiere el párrafo anterior colaborarán entre sí y, en su caso con los servicios de prevención.

Para la realización de la actividad de prevención, el empresario deberá facilitar a los trabajadores designados el acceso a la información y documentación a que se refieren los artículos 18 y 23 de la presente Ley.

Los trabajadores designados no podrán sufrir ningún perjuicio derivado de sus actividades de protección y prevención de los riesgos profesionales en la empresa.

En ejercicio de esta función, dichos trabajadores gozarán, en particular, de las garantías que para los representantes de los trabajadores establecen las letras a), b) y c) del artículo 68 y el apartado 4 del artículo 56 del texto refundido de la Ley del Estatuto de los Trabajadores.

Esta garantía alcanzará también a los trabajadores integrantes del servicio de prevención, cuando la empresa decida constituirlo de acuerdo con lo dispuesto en el artículo siguiente.

Los trabajadores a que se refieren los párrafos anteriores deberán guardar sigilo profesional sobre la información relativa a la empresa a la que tuvieran acceso como consecuencia del desempeño de sus funciones.

En las empresas de menos de 6 trabajadores, el empresario podrá asumir personalmente las funciones señaladas en el apartado 1, siempre que desarrolle de forma habitual su actividad en el centro de trabajo y tenga la capacidad necesaria, en función de los riesgos a que estén expuestos los trabajadores y la peligrosidad de las actividades con el alcance que se determine en las disposiciones a que se refiere la letra e) del apartado 1 del artículo 6 de la presente Ley.

El empresario que no hubiere concertado el servicio previsto por una entidad especializada ajena a la empresa deberá someter su sistema de prevención al control de una auditoria o evaluación externa, en los términos que reglamentariamente se determinen.

Los servicios de prevención deberán estar en condiciones de proporcionar a la empresa el asesoramiento y apoyo que precise en función de los tipos de riesgos en ella existentes y en lo referente a:

- El diseño, aplicación y coordinación de los planes y programas de actuación preventiva.
- La evaluación de los factores de riesgos que pueden afectar a la seguridad y la salud de los trabajadores en los términos previstos en el artículo 16 de esta Ley.
- La determinación de las prioridades en la adaptación de las medidas preventivas adecuadas y la vigilancia de su eficacia.
- La información de los trabajadores.
- La protección de los primeros auxilios y planes de emergencia.
- La vigilancia de la salud de los trabajadores en relación con los riesgos derivados del trabajo.

ÍNDICES DE CONTROL

En esta obra se llevarán obligatoriamente los índices siguientes:

- **Índice de incidencia**

Definición: Número de siniestros con baja acaecidos por cada 100 trabajadores.

- **Índice de frecuencia**

Definición: Número de siniestros con baja acaecidos por cada millón de horas trabajadas.

- **Índice de gravedad**

Definición: Número de jornadas perdidas por cada accidente con baja.

PARTE DE ACCIDENTES Y DEFICIENCIAS

Respetándose cualquier modelo normalizado que pudiera ser uso normal en la práctica del contratista; los partes y deficiencias observadas recogerán como mínimo los siguientes datos con una tabulación ordenada.

a) Parte de accidente:

1. Identificación de la obra.
2. Día, mes y año en que se ha producido el accidente.
3. Hora de producción del accidente.
4. Nombre del accidentado.
5. Categoría profesional y oficio del accidentado.
6. Domicilio del accidentado.
7. Lugar (tajo) en que se produjo el accidente.
8. Causas del accidente.
9. Importancia aparente del accidente.
10. Posible especificación sobre fallos humanos.
11. Lugar, persona y forma de producirse la primera cura. (Médico, practicante, socorrista, personal de obra).
12. Lugar de traslado para hospitalización.
13. Testigos del accidente (verificación nominal y versiones de los mismos).
14. Como complemento de estas partes se emitirá un informe que contenga:
15. ¿Cómo se hubiera podido evitar?
16. Ordenes inmediatas para ejecutar.

b) Parte de deficiencias:

1. Identificación de la obra.
2. Fecha en que se ha producido la observación.
3. Lugar (tajo) en que se ha hecho la observación.
4. Informe sobre la deficiencia observada.
5. Estudio de mejora de la deficiencia en cuestión.

c) Estadísticas:

Los partes de deficiencia se dispondrán debidamente ordenados por fechas desde el origen de la obra hasta su terminación, y se complementarán con las observaciones hechas por el Comité de Seguridad y las normas ejecutivas dadas para subsanar las anomalías observadas.

Los partes de accidente, si los hubiere, se dispondrán de la misma forma que los partes de deficiencias.

Los índices de control se llevarán a un estadillo mensual con gráficos de dientes de sierra, que permitan hacerse una idea clara de la evolución de los mismos, con una somera inspección visual; en abscisas se colocarán los meses del año y en ordenadas los valores numéricos del índice correspondiente.

d) Seguro de responsabilidad civil y todo riesgo de construcción y montaje:

Será preceptivo en la obra, que los técnicos responsables dispongan de cobertura en materia de responsabilidad civil profesional; asimismo el contratista debe disponer de cobertura de responsabilidad civil en el ejercicio de su actividad industrial, cubriendo el riesgo inherente a su actividad como constructor por los daños a terceras personas de los que puede resultar responsabilidad Civil extracontractual a su cargo, por hechos nacidos de culpa o negligencia; imputables al mismo a las personas de las que debe responder; se entiende que esta responsabilidad civil debe quedar ampliada al campo de la responsabilidad civil patronal.

El contratista viene obligado a la contratación de un Seguro en la modalidad de todo riesgo a la construcción durante el plazo de ejecución de la obra con ampliación a un período de mantenimiento de un año, contando a partir de la fecha de terminación definitiva de la obra.

NORMAS PARA CERTIFICACIÓN DE ELEMENTOS DE SEGURIDAD

Una vez al mes la constructora extenderá la valoración de las partidas que, en materia de Seguridad se hubiesen realizado en la obra; la valoración se hará conforme al plan y de acuerdo con los precios contratados por la propiedad: esta valoración será visada y aprobada por la Dirección Facultativa para la seguridad y sin este requisito no podrá ser abonada por la Propiedad.

El abono de las certificaciones expuestas en el párrafo anterior se hará conforme se estipule en el contrato de obra.

Se tendrá en cuenta a la hora de redactar el presupuesto de este Plan, sólo las partidas que intervienen como medidas de Seguridad e Higiene, haciendo omisión de medios auxiliares, sin los cuales la obra no se podría realizar.

En caso de ejecutar en obra unidades no previstas en el presente presupuesto: se definirán total y correctamente las mismas y se les adjudicará el precio correspondiente procediéndose para su abono, tal y como se indica en los apartados anteriores.

En caso de plantearse una revisión de precios, el Contratista comunicará está a la Propiedad por escrito, habiendo obtenido la aprobación previa de la Dirección Facultativa para la Seguridad.

FORMACIÓN E INFORMACIÓN DE LOS TRABAJADORES

Todos los trabajadores tendrán conocimientos de los riesgos que conlleva su trabajo, así como de las conductas a observar y del uso de las protecciones colectivas y personales, con independencias de la formación que reciban, esta información se dará por escrito.

Se establecerán las actas de autorización del uso de las máquinas, equipos y medios; de recepción de protecciones personales; de instrucción y manejo; de mantenimiento.

Se establecerán por escrito las normas a seguir cuando se detecte una situación de riesgo, por accidente o incidente.

De cualquier incidente o accidente relacionado con la seguridad y salud, se dará conocimiento fehaciente a la dirección facultativa.

En un plazo proporcional a la gravedad de los hechos. En el caso de accidente grave o mortal, dentro del plazo de las 24 horas siguientes.

Se redactará una declaración programática sobre el propósito del cumplimiento de lo dispuesto en la materia de seguridad y salud, firmado por la máxima autoridad de la empresa constructora y el jefe de obra. De este documento tendrán conocimiento los trabajadores.

La Dirección Facultativa por ser la redactora del Estudio de Seguridad debe dar el visto bueno al Plan de Seguridad, pudiendo rechazarlo si no lo considera ajustado a dicho Estudio, o a la legalidad vigente.

Dicha Dirección Facultativa no autorizará el inicio de las obras en tanto no esté aprobado el Plan de Seguridad y designado el Vigilante de Seguridad.

3.13.5. CONDICIONES ECONÓMICAS

Las mediciones, calidades y valoración recogidas en el presente Estudio de Seguridad e Higiene podrán ser modificadas o sustituidas por alternativas propuestas por el contratista adjudicatario en el Plan de Seguridad, siempre que ello no suponga variación del importe total.

El abono de las distintas partidas del presupuesto de Seguridad e Higiene se realizará mediante certificaciones complementarias y conjuntamente a las certificaciones de obra, de acuerdo con las cláusulas del contrato de obra, siendo responsable la Dirección Facultativa de las liquidaciones hasta su saldo final.

Dirección Facultativa del comienzo de los trabajos, antes de transcurrir veinticuatro horas de su iniciación.

Previamente se habrá suscrito el acta de replanteo en las condiciones establecidas en el artículo 1

PRESUPUESTO

Diseño de una planta de producción de ácido L-Glutámico a partir de melazas de remolacha azucarera.

Pablo San José García

X

Firmado: Pablo San José García

Diseño de una planta de producción de ácido L-Glutámico a partir de melazas de remolacha azucarera.

Contenido

1. ANÁLISIS DE COSTES	3
-----------------------------	---

1. ANÁLISIS DE COSTES

Al tratarse el presente proyecto de fin de carrera de un diseño preliminar de las unidades, el análisis de todos los costes se realizará de una forma estimativa.

Para llevar a cabo la estimación de los costes en la planta primero se determinará el precio total de los equipos principales.

En el caso del presente proyecto de fin de carrera serán los bio reactores principales, de 30 metros cúbicos.

Mediante un simulador virtual que utiliza índices de Marshall y Swift se determinó el precio del equipo partiendo de un precio previamente registrado en la base de datos. El procedimiento es simple, primero se selecciona el tipo de material y tras dar algún parámetro dimensional referente al equipo, en este caso el volumen, se obtiene el precio actual de un equipo con dichas dimensiones.

El único inconveniente es que tiene sus limitaciones, y solo se pudo obtener el valor de un reactor construido en AISI 304 de 15 m³.

Purchased cost of jacketed and stirred reactors

13-15

[Glass-lined steel. 690 kPa \(100 psia\)](#)

Stainless steel

[10.350 kPa \(1500 psia\)](#)

[2070 kPa \(300 psia\)](#)

[345 kPa \(50 psia\)](#)

Carbon steel

[10.350 kPa \(1500 psia\)](#)

[2070 kPa \(300 psia\)](#)

[345 kPa \(50 psia\)](#)

capacity, m³ = 15

Cost = \$ 88906

Add Value

Display Results

Display CSV

Clear Results

A partir de dicho valor, se utilizó la siguiente ecuación para obtener el precio real en función del volumen de real del tanque;

$$\frac{C_A}{C_B} = \left(\frac{A_A}{A_B} \right)^n$$

Dónde:

- A: Atributo Del equipo (Volumen, capacidad, tipo,...)
- C: Precio de compra.
- n: Factor Exponencial de escalamiento

Obteniendo el valor de “n” para reactores, bibliográficamente:

TABLE 5
Typical exponents for equipment cost vs. capacity

Equipment	Siie range	Exponent
Reactor, glass lined, jacketed (without drive)	50–600 gal	0.54
Reactor, s.s., 300 psi	10 ² –10 ³ gal	0.56
Separator, centrifugal, c.s.	50-250 ft ³	0.49
Tank, flat head, c.s.	10 ² –10 ⁴ gal	0.57
Tank, c.s., glass lined	10 ² –10 ³ gal	0.49

Cómo podemos observar, “n” en este caso tomaría un valor de 0,56.

Sustituyendo los términos y tomando un valor de cambio de divisas de 1.254 €/€, se obtiene un valor por reactor de 164537,3 €.

Si tenemos en cuenta que serían dos reactores principales, el valor de los equipos principales se duplicaría (329074,6 €).

Suponiendo el coste de los equipos principales un 10% de los costes totales de la planta, se obtiene que el coste total de la planta será de 3.290.745,81€.

Recurriendo a la bibliografía: "Plan desing and economics for chemical engineers.by Peters M.S., Timmerhaus K.D. 4^{ed}.- McGraw-Hill ", se comprueba que es posible estimar los costes directos de la planta mediante porcentajes basados en cada caso de estudio desde una perspectiva preliminar:

TABLE 4

Typical percentages of fixed-capital investment values for direct and indirect cost segments for multipurpose plants or large additions to existing facilities

Component:	Range, %
Direct costs	
Purchased equipment	15-40
Purchased equipment installation	6-14
Instrumentation and controls (installed)	2-8
Piping (installed)	3-20
Electrical (installed)	2-10
Buildings (including services)	3-18
Yard improvements	2-5
Service facilities (installed)	8-20
Land	1-2
Total direct costs	

Aplicando los siguientes porcentajes realizamos un desglose de los costes de la planta:

COSTES TOTALES DE LA PLANTA		
COSTES INDIVIDUALES	VALOR	%
Coste de Equipos	1.316.298,32 €	40,0%
Coste de Inmovilizado	329.074,58 €	10,0%
Coste de Instrumentación y Control	164.537,29 €	5,0%
Costes de "Piping"	493.611,87 €	15,0%
Costes Electricos	164.537,29 €	5,0%
Costes de Edificación	329.074,58 €	10,0%
Costes de Adaptación del Terreno	65.814,92 €	2,0%
Costes de Servicios	394.889,50 €	12,0%
Coste del Terreno	32.907,46 €	1,0%
COSTES TOTALES	3.290.745,81 €	100,0%

Asimismo, considerando el precio establecido inicialmente para los equipos principales se estima un desglose de los costes procedentes de cada tipo de equipo:

COSTES DE EQUIPOS		
EQUIPOS	VALOR	%
Fermentadores Principales	329.074,58 €	25,0%
Pre fermentadores	131.629,83 €	10,0%
Sistema de Impulsión	65.814,92 €	5,0%
Equipos de Intercambio de Calor	197.444,75 €	15,0%
Sistemas de Filtración	131.629,83 €	10,0%
Columnas de Intercambio Iónico	65.814,92 €	5,0%
Cristalizadores	131.629,83 €	10,0%
Equipos de Centrifugación	105.303,87 €	8,0%
Secadores	157.955,80 €	12,0%
TOTAL	1.316.298,32 €	100,0%

2. RENTABILIDAD

En este apartado se definirán los conceptos económicos que se tratarán en este apartado y se expondrán los resultados al igual que las conclusiones obtenidas a través de ellos.

2.1. DATOS DE PARTIDA

Para la estimación de la rentabilidad de la planta se tomaron 15 años de vida útil de la planta, lo más común en plantas con unidades de reacción biológica. El coste de la planta será de 3,29 millones de €, con un valor residual del 5% de la planta.

Se obtendrán unas ventas netas de 2,16 millones de euros al año y unos costes totales asociados 0,865 millones de € al año. Utilizando estos datos se estima un fondo de rotación de 0,162 millones de € al año.

El fondo de rotación es un concepto financiero y se define como un activo corriente a corto plazo sobre los pasivos de corto plazo.

Diseño de una planta de producción de ácido L-Glutámico a partir de melazas de remolacha azucarera.

Se determina mediante el siguiente balance de costes:

$$F.Rotación = Stock MP + Stock PC + Stock PT + SM.Clientes - SM.Proveedores$$

Donde, desglosando cada uno de los términos, obtenemos:

$$Stock Medio de Materias Primas = \frac{\text{Consumo anual de MP}}{365} \cdot \text{Período medio de almacenamiento de MP}$$

$$Stock Medio de Productos en curso = \frac{\text{Consumo anual de fabricación}}{365} \cdot \text{Período medio de producción}$$

$$Stock Medio de Productos terminados = \frac{\text{Consumo de ventas}}{365} \cdot \text{Período medio de almacenamiento de PT}$$

$$Saldo Medio de clientes = \frac{\text{Ventas anuales}}{365} \cdot \text{Período medio de cobro a clientes}$$

$$Saldo Medio de proveedores = \frac{\text{Compras anuales}}{365} \cdot \text{Período medio de pago a proveedores}$$

2.2. PRÉSTAMO

Para realizar la inversión inicial se solicitará un préstamo a una entidad financiera de un valor del 20% del coste total de la planta (0,658 millones de euros) a un interés del 10% a pagar en 5 años.

2.2.1. CÁLCULO DE LA CUOTA ANUAL

Para determinar la cuota anual de pago, se utilizará la siguiente ecuación:

$$Cuota = C_0 \frac{i(1+i)^m}{(1+i)^m - 1}$$

Dónde:

C_0 = Cantidad del préstamo, i = interés porcentual.

m = nº de cuotas

Donde el interés porcentual se obtiene dividiendo el interés anual entre 12.

(10%/12=0,83%).

Sustituyendo los valores se obtiene una cuota mensual de 14000 € aproximadamente, lo que hace ascender el valor del interés anual del préstamo a 36175€.

3. AMORTIZACIÓN

Para determinar el importe de beneficio desviado a amortizar la inversión de la planta se utilizan los métodos de amortización.

En el presente proyecto de fin de carrera se realizará una comparativa entre tres de ellos:

1. El Método de amortización lineal.
2. El Método de amortización a porcentaje constante
3. El Método de amortización de la suma de dígitos.

3.1. MÉTODOS DE AMORTIZACIÓN

1. El Método de amortización lineal.

Este método utiliza una serie de tablas a través de las cuales se puede obtener el valor del coeficiente máximo de amortización anual y un periodo máximo para la amortización.

AGrupación 25. Industrias químicas y farmacéuticas		
	Coeficiente lineal máximo — Porcentaje	Periodo máximo — Años
1. Instalaciones de fabricación de ácidos inorgánicos	15	14
2. Instalaciones de electrolisis y electrosíntesis	15	14
3. Hornos reactores para síntesis inorgánicas	15	14
4. Hornos reactores para fusión	15	14
5. Instalaciones de síntesis orgánicas a altas presiones y/o temperaturas	15	14
6. Instalaciones de cloración, nitración y sulfonación	15	14
7. Otras instalaciones específicas y maquinaria operativa para procesos químicos	12	18
a) Instalaciones de fabricación de lejías.		
b) Instalaciones de fabricación de detergentes sintéticos.		
c) Instalaciones de fabricación de explosivos y pólvoras.		
d) Instalaciones de fermentación.		

Mediante este método se aporta una cantidad constante de dinero de 375145€ al año durante un periodo de amortización de 9 años.

2. El Método de amortización a porcentaje constante

Se calcula un porcentaje constante anualmente que se aplica sobre el capital restante a amortizar. El porcentaje es la resultante del producto del coeficiente obtenido al realizar la inversa del período de amortización y un coeficiente de ponderación.

Dicho coeficiente toma estos valores en función al período:

Coef. de ponderación \	PERÍODO
1,5	Período inferior a 5 años
2	Superior a 5 e inferior a
2,5	Superior igual a 8 años
El porcentaje constante no podrá ser inferior al 11%	

Con un período de amortización de 9 años se tiene un coeficiente de ponderación de 2,5 que concluye con un porcentaje de amortización final del 28%.

3. El Método de amortización de la suma de dígitos.

Este método consiste en, primeramente, establecer un periodo de amortización en el que se sumará el valor de cada año hasta el último que será año 1.

En nuestro caso, como serán 9 años, la suma de los dígitos será de 45. Finalmente, este valor se divide al total del coste de la planta, dando una cuota por dígito.

Cada año se pagará esa cuota multiplicada por los años que queden de amortización, siendo menores de año en año.

4. Determinación del Valor actual neto (VAN):

El VAN es la suma de todos los flujos de capital y costes que general la inversión utilizando un coeficiente “k” como valor de la tasa de descuento que la empresa paga por la concesión de los préstamos y la rentabilidad esperada.

Su valor se determina mediante la siguiente formula:

$$VAN = -C_0 + \frac{R_1}{(1+k)} + \frac{R_2}{(1+k)^2} + \dots + \frac{R_n + VR}{(1+k)^n}$$

El VAN, por otro lado también se puede determinar en un intervalo de tiempo realizando un balance de los costes y beneficios de la planta, realizando un sumatorio de los rendimientos netos en ese periodo de tiempo.

Los rendimientos netos, se obtienen mediante el siguiente balance:

- (1) Ventas netas
- (2) - Costes Directos
- (3) + Dotación de la Amortización (activos reales)
- (4) - Otros Costes de explotación
- (5) + Subvenciones a la explotación
- (6) BAIT (Beneficio antes de intereses e impuestos)**
- (7) ± Resultados extraordinarios
- (8) – Intereses
- (9) BAT (Beneficio antes impuestos)**
- (10) – Impuestos
- (11) BN (Beneficio neto)**
- (12) + Dotación de la Amortización
- (13) + Valor Residual (si no esta completamente amortizado)
- (14) – Desembolso de la inversión en ese año
- (15) – Necesidades del Fondo de Rotación
- (16) + Recuperación del Fondo de Rotación (al final)
- (17) Rendimiento Netos**

En el procedimiento de cálculo que se realizó, se tomaron las siguientes simplificaciones para facilitar el cálculo:

- 1.- No se considerarán subvenciones a la explotación.
- 2.- Fondo de rotación final nulo.
- 3.- La inversión se realizará completamente desde el año 0.
- 4.- Se realizará la amortización completa de todos los activos.
- 5.- Los únicos resultados extraordinarios serán los valores residuales de los equipos de último año.
- 6.- Se unificarán los costes directos y de explotación como costes totales.

Aplicando las simplificaciones:

- (1) Ventas netas
- (2) - Costes Directos
- (3) + Dotación de la Amortización (activos reales)
- (4) - Otros Costes de explotación
- ~~(5) + Subvenciones a la explotación~~
- (6) BAIT (Beneficio antes de intereses e impuestos)**
- (7) ± Resultados extraordinarios (valor residual último año)
- ~~(8) – Intereses~~
- (9) BAT (Beneficio antes impuestos)**
- ~~(10) – Impuestos~~
- (11) BN (Beneficio neto)**
- (12) + Dotación de la Amortización
- ~~(13) + Valor Residual (si no esta completamente amortizado)~~
- (14) – Desembolso de la inversión en ese año
- (15) – Necesidades del Fondo de Rotación
- ~~(16) + Recuperación del Fondo de Rotación (al final)~~
- (17) Rendimiento Netos**

Finalmente obtenemos:

- (1) Ventas netas
- (2) - Costes Totales
- (3) + Dotación de la Amortización (activos reales)
- (4) BAIT (Beneficio antes de intereses e impuestos)**
- (5) ± Resultados extraordinarios (valor residual último año)
- (6) – Intereses
- (7) BAT (Beneficio antes impuestos)**
- (8) – Impuestos
- (9) BN (Beneficio neto)**
- (10) + Dotación de la Amortización
- (11) – Desembolso de la inversión en ese año
- (12) – Necesidades del Fondo de Rotación
- (17) Rendimiento Netos**

Sumando los beneficios netos anuales se obtiene un VAN de 4.44 millones de € para una tasa de actualización “t” del 5 % , teniendo en cuenta que la tasa fraccional de impuestos es del 35%, concretado en el Real Decreto Legislativo 4/2004, de 5 de marzo.

TÍTULO VI Deuda tributaria

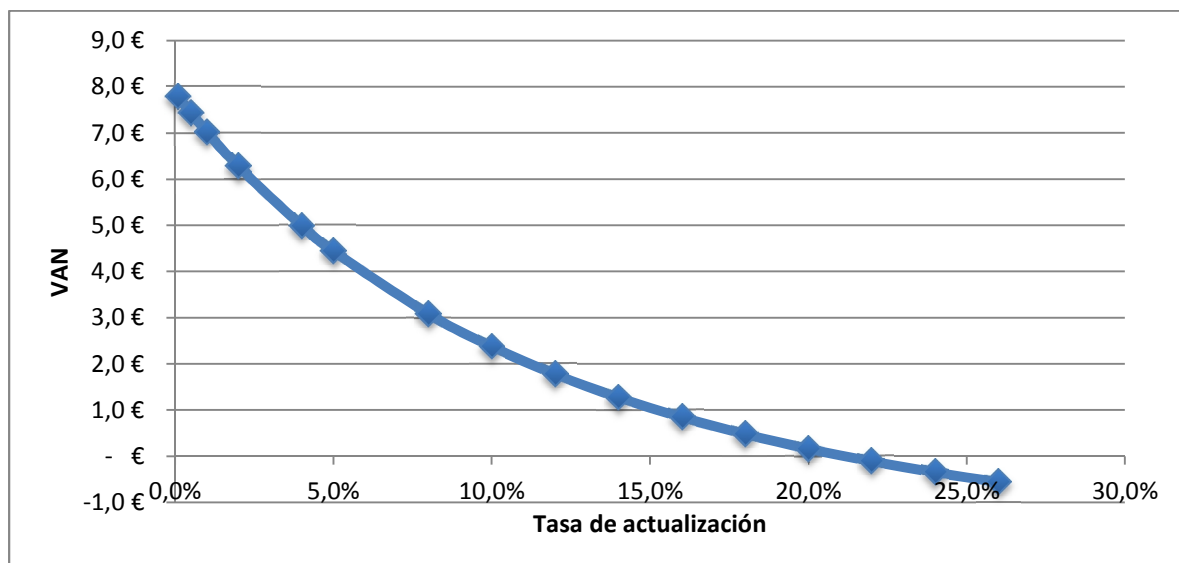
CAPÍTULO I

Tipo de gravamen y cuota integra

Artículo 28. *El tipo de gravamen.*

1. El tipo general de gravamen para los sujetos pasivos de este impuesto será el 35 por ciento.
2. Tributarán al tipo del 25 por ciento:
 - a) Las mutuas de seguros generales, las mutualidades de previsión social y las mutuas de accidentes de trabajo y enfermedades profesionales de la Seguridad

Podemos establecer una comparativa entre el Valor Actual Neto y la tasa de actualización que quedará reflejada en el siguiente gráfico.



5. Determinación de la Tasa interna de retorno (TIR):

Es el valor de la tasa de descuento que hace nulo el Valor Actual Neto, es decir:

$$0 = -C_0 + \frac{R_1}{(1+k)} + \frac{R_2}{(1+k)^2} + \dots + \frac{R_n + VR}{(1+k)^n}$$

Sustituyendo los datos obtenemos un %TIR del 21,2% que, como se expuso en la propuesta del propio proyecto se alcanzan las previsiones siendo este indicador superior al 20% exigido.

6. Determinación del tanto medio de rentabilidad (TMR).

Este valor es otro indicador de la rentabilidad del proyecto y se estimará mediante la siguiente ecuación:

$$TMR = \frac{\frac{1}{n} \sum_{s=1}^n R_s}{C_0}$$

Sustituyendo los datos obtenemos un TMR del 22%.

7. Relación beneficio -coste.

$$RBC = \frac{VAN}{C_0}$$

Obtenemos un valor de RBC igual a 1,286.

8. CÁLCULOS DE LA AMORTIZACIÓN

8.1. Método de la amortización Lineal:

Año	Valor pendiente	Amortización	Acumulada	% Acum
1	3.126.209 €	347.357 €	347.357 €	11%
2	2.778.852 €	347.357 €	694.713 €	22%
3	2.431.496 €	347.357 €	1.042.070 €	33%
4	2.084.139 €	347.357 €	1.389.426 €	44%
5	1.736.783 €	347.357 €	1.736.783 €	56%
6	1.389.426 €	347.357 €	2.084.139 €	67%
7	1.042.070 €	347.357 €	2.431.496 €	78%
8	694.713 €	347.357 €	2.778.852 €	89%
9	347.357 €	347.357 €	3.126.209 €	100%

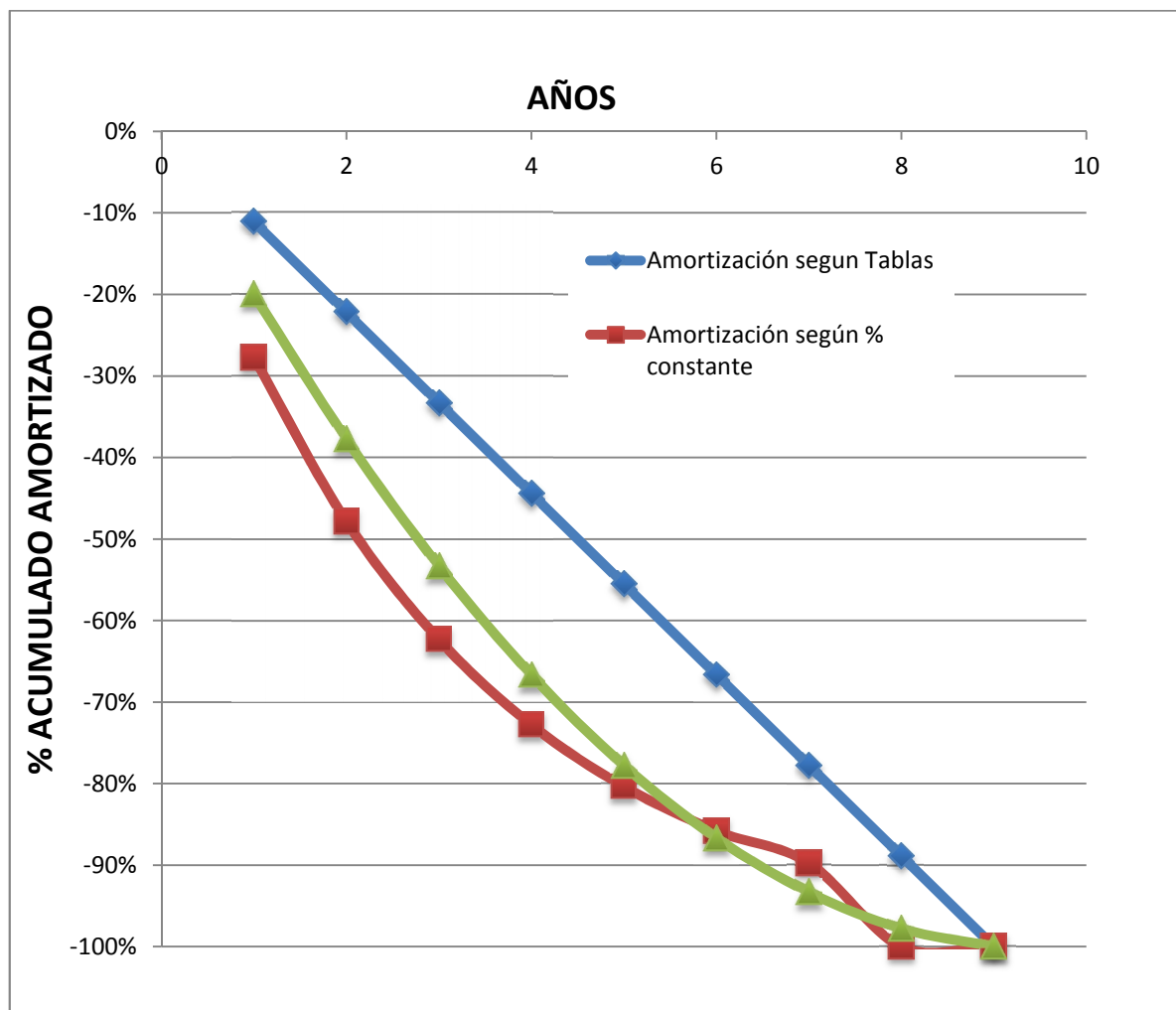
8.2. Método de la amortización según porcentaje constante:

Años	Valor pendiente	Amortización	Acumulada	% Acum
1	3.126.208,52 €	868.391,25 €	868.391,25 €	27,78%
2	2.257.817,26 €	627.171,46 €	1.495.562,72 €	47,84%
3	1.630.645,80 €	452.957,17 €	1.948.519,88 €	62,33%
4	1.177.688,63 €	327.135,73 €	2.275.655,61 €	72,79%
5	850.552,90 €	236.264,69 €	2.511.920,31 €	80,35%
6	614.288,21 €	170.635,61 €	2.682.555,92 €	85,81%
7	443.652,59 €	123.236,83 €	2.805.792,75 €	89,75%
8	320.415,76 €	320.415,76 €	3.126.208,52 €	100,00%
9	231.411,38 €	0,00 €	3.126.208,52 €	100,00%

8.3. Método de la amortización según número de dígitos:

Años	Valor pendiente	Amortización	Acumulado	% Acum
1	3.126.209 €	625.242 €	625.242 €	20%
2	2.500.967 €	555.770 €	1.181.012 €	38%
3	1.945.196 €	486.299 €	1.667.311 €	53%
4	1.458.897 €	416.828 €	2.084.139 €	67%
5	1.042.070 €	347.357 €	2.431.496 €	78%
6	694.713 €	277.885 €	2.709.381 €	87%
7	416.828 €	208.414 €	2.917.795 €	93%
8	208.414 €	138.943 €	3.056.737 €	98%
9	69.471 €	69.471 €	3.126.209 €	100%

8.4. Comparativa de los tres métodos:



Diseño de una planta de producción de ácido L-Glutámico a partir de melazas de remolacha azucarera.

Se utilizarla la amortización según el número de dígitos, para que a medida que pasen los años haya que pagar una tasa menor de amortización y debido a eso las ganancias sean mayores cada año.

BIBLIOGRAFÍA

- Código ASME 2007.
- *Pressure Vessel Handbook*. Eugene F. Megyesy .Sixth Edition 1992
- Norma DIN- 28011 –“Diseño de Fondos tipo KLOPPER”.
- Richard M. Felder, Ronald W. Rousseau, “*Principios elementales de los procesos químicos*” 2º Edición, Addison Wesley Iberoamericana, Wilmington, Delaware 1991
- *Transferencia de Calor y Masa* 4ta ed. - Yunus Cengel
- “*Stirred Tank Bioreactors in Comprehensive Biotechnology*”, Ed. M.Y. Editor in Chief Murray, Vol.2, Academic Press. Burlington por García-Ochoa, Santos y Gómez.
- “*The Molasses*” by Hubert Olbrich.
- “*International Journal of Engineering Science and Technology*” (IJEST) by N. S. Khan et al.
- “*Bioprocess Engineering Principles*”, Elsevier Science &Technology Books, Ed. 1995 by Pauline Doran (P.M. Doran).
- “*Chemistry for Everyone -Products of Chemistry-The Monosodium Glutamate Story: The Commercial Production of MSG and Other Amino Acids*”. By George B. Kauffman California State University.
- “*Metabolic Engineering of the Valine Pathway in Corynebacterium Glutamicum-Analysis and Modelling*”. By Jørgen Barsett Magnus.
- “*Beet-Sugar Handbook*”, Wiley-Interscience Ed 2007 by Mosen Asadi.
- “*Fermentation and Biochemical Engineering handbook*”. 2nd Edition. by Henry C. Vogeland Celeste L. Todaro.
- “*Perry’s Chemical Engineer’s Handbook*”, Sixth Ed. McGraw Hill Book Co., New York (1984) by Perry, R. H., Green D. W. and Maloney I. O. (eds).
- Artículo: “*Selective Crystallization of the Metastable α -Form of L-GlutamicAcid using Concentration Feedback Control*” by Nicholas C. S. Kea, Reginald B. H. and Richard D. Braatz.
- “*Handbook of Industrial Drying*”, Third Edition written by Carl W. Hall and edited by Arun S. Mujumdar.
- “*Reactores Bioquímicos*”, escrito por B. Atkinson.
- Peters, M.S., Timmerhaus, K.D. 1991. Plant Design and economics for chemical engineers 4ed. McGraw-Hill.
- Sánchez P.C, Cómo evaluar un plan de viabilidad: piezas para construir el plan de equilibrio financiero. Ed. Deusto. 2004. España.

- A. De Pablo, L. Ferruz, R. SantaMaría.1990. Análisis Práctico de decisiones de inversión y financiación en la empresa. Ed. Ariel Barcelona.
- Anexo, RD 1777/2004 de 30 de Julio.
- Medina H.,Urbano C.R, Cómo evaluar un proyecto empresarial : una visión practica .2010 .Ed.Díaz De Santos. España

